

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA, CARACTERIZACIÓN Y CÁLCULO DE  
RESERVAS; EN EL ÁREA DE CONCESIÓN LH0159-17, QUEBRADA MAIBÁ -  
LA MERCED - CALDAS, DEL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No. GGC-  
189, SUSCRITO ENTRE EL MME - ANM Y UPTC**



**FABIÁN FELIPE BELTRÁN CEPEDA  
MOISÉS DAVID CORREA AFANADOR**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO  
ESCUELA INGENIERÍA GEOLÓGICA  
SOGAMOSO  
2015**

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA, CARACTERIZACIÓN Y CÁLCULO DE  
RESERVAS; EN EL ÁREA DE CONCESIÓN LH0159-17, QUEBRADA MAIBÁ -  
LA MERCED - CALDAS, DEL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No. GGC-  
189, SUSCRITO ENTRE EL MME - ANM Y UPTC**



**FABIÁN FELIPE BELTRÁN CEPEDA  
MOISÉS DAVID CORREA AFANADOR**

**Modalidad:  
Monografía**

**Director:  
JHON JAIRO PORRAS PESCADOR  
Ingeniero Geólogo  
Docente Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO  
ESCUELA INGENIERIA GEOLOGICA  
SOGAMOSO  
2015**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Jurado 1**

---

**Firma del Jurado 2**

---

**Firma del Director**

**Sogamoso, 04 de mayo de 2015**

## **DEDICATORIA**

A mi familia por el apoyo constante, gracias por todo, ustedes con su amor y cariño me han formado, para saber cómo luchar y salir victorioso ante los retos que coloca a diario la vida

A mis amigos por su lealtad, dedicación y voluntad, claves para fortalecer el lazo de compañerismo y amistad por el cual los reconozco

A mis formadores, personas de gran sabiduría que me ayudaron a llegar al punto donde me encuentro, no fue sencillo el proceso, pero siempre tuvieron las ganas de transmitir sus conocimientos y dedicación, logrando importantes objetivos como culminar con éxito el desarrollo de esta tesis

**FABÍAN FELIPE BELTRÁN CEPEDA**

A Dios

A mis padres, German y Adela

A mis hermanos, Santiago y Alejandro

**MOISÉS DAVID CORREA AFANADOR**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por brindarnos la fuerza para culminar esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por los valores inculcados y por darnos la oportunidad de tener una excelente educación.

A nuestro director, el ingeniero Jhon Porras por su confianza y dedicación en el desarrollo de esta tesis.

Al ingeniero Wilson Naranjo, coordinador del convenio interadministrativo No. GGC-189.

A la ingeniera Sandra Manosalva por enseñarnos tanto de la profesión como de la vida, impulsándonos a seguir adelante y ser cada día mejores.

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Al Ministerio de Minas y Energía.

A la Agencia Nacional de Minería.

Finalmente, a todas y cada una de las personas que han hecho parte de nuestra formación académica.

## TABLA DE CONTENIDO

### RESUMEN

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>1. JUSTIFICACIÓN</b> .....	18
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	19
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	20
<b>4. GENERALIDADES</b> .....	22
4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA.....	22
4.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	23
4.3 LÍMITES DEL MUNICIPIO .....	24
4.4 VÍAS DE ACCESO.....	24
4.5 TOPOGRAFÍA .....	27
4.6 CLIMA Y VEGETACIÓN .....	28
4.7 HIDROGRAFÍA .....	31
4.8 ANTECEDENTES Y SITUACIÓN JURÍDICA.....	32
<b>5. GEOLOGÍA</b> .....	34
5.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	34
5.2 ESTRATIGRAFÍA .....	34
5.2.1 Cenozoico .....	34
5.2.1.1 Formación Amagá.....	34
5.2.1.1.1 Miembro Medio (Pgam).....	35
5.2.1.1.2 Miembro Superior (Ngas).....	36
5.2.1.2 Formación Combia (Ngc) .....	37
5.2.1.2.1 Miembro volcánico .....	38
5.2.1.2.2 Miembro sedimentario.....	38
5.2.1.3 Rocas hipoabisales porfiríticas (Ngpa).....	39

5.3 GEOLOGÍA LOCAL.....	40
5.3.1 Cenozoico .....	40
5.3.1.1 Cuaternario aluvial (Qal) .....	40
5.4 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO.....	41
<b>6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>42</b>
<b>7. GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>43</b>
7.1 AMBIENTE DENUDACIONAL .....	43
7.2 AMBIENTE FLUVIAL .....	45
<b>8. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE ARRASTRE.....</b>	<b>47</b>
8.1 MUESTREO MATERIAL DE ARRASTRE (ARENA).....	47
8.2 ANÁLISIS QUÍMICO .....	51
8.2.1 Preparación de muestra para análisis por XRF .....	52
8.2.2 Resultados .....	53
8.3 ANÁLISIS PETROGRÁFICO .....	58
8.3.1 Metodología .....	59
8.3.2 Resultados .....	60
8.4 ANÁLISIS FÍSICOS .....	65
8.4.1 Ángulo de reposo.....	67
8.4.1.1 Procedimiento .....	68
8.4.1.2 Resultados .....	68
8.4.2 Granulometría de agregados gruesos y finos .....	69
8.4.2.1 Procedimiento .....	69
8.4.2.2 Resultados .....	70
8.4.3 Contenido de humedad.....	71
8.4.3.1 Procedimiento .....	71
8.4.3.2 Resultados .....	72
8.4.4 Peso unitario .....	73

8.4.4.1 Procedimiento .....	73
8.4.4.2 Resultados .....	73
8.4.5 Resistencia al desgaste de los agregados menores de 3,75 mm .....	74
8.4.5.1 Procedimiento .....	74
8.4.5.2 Resultados .....	76
8.4.6 Observaciones .....	76
<b>9. CÁLCULO DE RESERVAS .....</b>	<b>77</b>
9.1 ASPECTOS TEÓRICOS.....	77
9.2 LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO .....	79
9.3 METODOLOGÍA .....	80
9.3.1 Energía del río Cauca .....	83
9.3.2 Mecanismos de transporte y sedimentación .....	84
9.3.3 Tipo de materiales presentes .....	84
9.3.4 Cálculo de sedimentación .....	85
<b>10. CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>11. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>90</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cuadro sinóptico de la metodología utilizada .....	21
Figura 2 Localización .....	23
Figura 3 Vista área de la zona de estudio.....	23
Figura 4 Cantidad de muestra enviada a cada laboratorio .....	50
Figura 5 Preparación de perlas para el análisis de elementos mayores .....	53
Figura 6 Diagrama elementos mayores .....	55
Figura 7 Diagrama elementos mayores .....	57
Figura 8 Equipos preparación secciones delgadas.....	60
Figura 9 Sección delgada muestra LH0159-17-03 vista bajo el microscopio.....	62
Figura 10 Sección delgada muestra LH0159-17-02 vista bajo el microscopio.....	64
Figura 11 Relación ángulo de reposo - tamaño de partícula .....	69
Figura 12 Curva granulométrica muestra LH0159-17-01 .....	71
Figura 13 Maquina del ensayo de abrasión Los Ángeles .....	75
Figura 14 Relación general entre recursos y reservas minerales .....	79
Figura 15 Poligonal de levantamiento batimétrico por el método manual.....	80

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Vía principal Manizales - Medellín .....	25
Fotografía 2 Vía principal de acceso al municipio de La Merced .....	25
Fotografía 3 Puente “La Felisa” .....	26
Fotografía 4 Vía La Felisa - Rio Cauca.....	26
Fotografía 5 Vía a la zona de estudio .....	27
Fotografía 6 Topografía dominante.....	28
Fotografía 7 Cultivos permanentes arbóreos .....	29
Fotografía 8 Pastos limpios .....	29
Fotografía 9 Mosaicos de pastos con espacios naturales .....	30
Fotografía 10 Bosques de galería y ripario .....	30
Fotografía 11 Rio Cauca.....	32
Fotografía 12 Cuaternario aluvial.....	40
Fotografía 13 Material de arrastre.....	41
Fotografía 14 Colinas remanentes disectadas.....	44
Fotografía 15 Lomas denudadas .....	44
Fotografía 16 Cauce aluvial .....	45
Fotografía 17 Terraza de acumulación .....	46
Fotografía 18 Espectrómetro secuencial de XRF .....	52
Fotografía 19 Microscopio polarizado Nikon Eclipse E-200.....	61

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas del polígono .....	22
Tabla 2 Coordenadas muestreo.....	47
Tabla 3 Resultados análisis químicos.....	54
Tabla 4 Relación elementos mayores.....	55
Tabla 5 Índice de Variabilidad Composicional .....	58
Tabla 6 Resultados análisis petrográficos .....	61
Tabla 7 Términos utilizados para describir los grados relativos de calidad física de los agregados naturales.....	66
Tabla 8 Especificaciones requeridas para los agregados naturales empleados en la elaboración de concreto en Colombia.....	67
Tabla 9 Resultados ensayo ángulo de reposo .....	68
Tabla 10 Resultados granulometría para la muestra LH0159-17-01 .....	70
Tabla 11 Resultados contenido de humedad.....	72
Tabla 12 Valores pesos unitarios.....	74
Tabla 13 Resultados resistencia al desgaste.....	76
Tabla 14 Perfiles y área del levantamiento batimétrico.....	81
Tabla 15 Cálculo del volumen comprendido entre perfiles .....	82
Tabla 16 Cálculo del rendimiento.....	83
Tabla 17 Valor de la descarga solida por transporte de fondo (Sb) .....	85
Tabla 18 Valores transporte de fondo por acción del rio Cauca .....	86

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1 Resultados análisis químico .....	93
Anexo 2 Resultados análisis petrográfico .....	96
Anexo 3 Resultados análisis físicos .....	106
Anexo 4 Columna estratigráfica .....	117

## **LISTA DE MAPAS**

Mapa 1 Geológico Regional Escala 1:10000

Mapa 2 Geológico Local Escala 1:1000

Mapa 3 Exploración y Muestreo

## **LISTA DE PLANOS**

Plano 1 Topográfico y batimétrico Escala 1:750

Plano 2 Perfiles batimétricos 1 Escala 1:750

Plano 3 Perfiles batimétricos 2 Escala 1:750

Plano 4 Perfiles batimétricos 3 Escala 1:750

## **RESUMEN**

Este trabajo de tesis muestra la metodología que se aplicó para realizar la cartografía geológica, caracterización y cálculo de reservas del material de arrastre (arena) para la solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17 en el departamento de Caldas, municipio La Merced, vereda La Felisa con un área total de 2 ha 6524 m<sup>2</sup>.

El informe contiene los resultados de las investigaciones y el trabajo de campo que permitieron evaluar el componente geológico en la zona de estudio, se incluyen ciertas generalidades para contextualizar condiciones como vías de acceso, clima, hidrografía, situación jurídica, entre otras. Se describen las diferentes formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus características litológicas, morfológicas y estructurales. Las edades de las formaciones se encuentran entre el Paleógeno y Cuaternario. También se referencia cada uno de los ensayos realizados para la caracterización del material con sus respectivos resultados y las pautas para el cálculo de reservas, finalmente se establecen conclusiones y recomendaciones.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se desarrolló con el fin de determinar la calidad y cantidad del material de arrastre (arena) de la solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17 en los municipios de La Merced y Supía departamento de Caldas.

La Agencia Nacional de Minería como autoridad delegada del Ministerio de Minas y Energía evalúa las solicitudes de legalización para asegurar que toda actividad minera se realice bajo las condiciones y obligaciones ambientales definidas en el Artículo 165 del Código de Minas.

La evaluación contempla la formulación de un Plan de Manejo Ambiental, el cual consiste en establecer de manera detallada acciones que permitan prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir posibles efectos ambientales negativos por el desarrollo de alguna actividad, en este caso la extracción de material de arrastre (arena).

Dentro del Plan de Manejo Ambiental se debe incluir el aspecto geológico para evaluar su intervención en la ejecución de las actividades que se planteen, por otra parte se debe considerar el cálculo de reservas que permite definir la cantidad de material de arrastre (arena) identificado que puede extraerse económicamente. Por lo tanto el proyecto es un apoyo al cumplimiento de las actividades definidas para la formulación de Planes de Manejo Ambiental en el contrato interadministrativo GGC N° 189 de 2014 entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia con el Ministerio de Minas y Energía y la Agencia Nacional de Minería

La metodología del proyecto se fundamentó en cuatro etapas. La primera vinculo fuentes bibliográficas para la recopilación de información. La segunda consistió en trabajo de campo donde se hizo reconocimiento del terreno, identificación de rocas aflorantes, toma de datos estructurales y recolección de muestras. La tercera etapa fue el trabajo de laboratorio donde a las muestras tomadas en campo se les realizó análisis químicos, petrográficos y físicos con el fin de evaluar las características principales del material de arrastre (arena) a explotar. La última etapa se llevó a cabo en oficina donde se realizaron los respectivos mapas: de localización, geológico regional y local, elaboración de una columna estratigráfica de tipo regional, cálculo de reservas a partir de la información obtenida del levantamiento batimétrico realizado en el área de la solicitud, evaluación y análisis de las etapas anteriores y elaboración de respectivo informe.



La ejecución de cada una de las etapas facilitó el buen desarrollo y cumplimiento de los objetivos definidos previamente además de establecer conclusiones y recomendaciones que se pueden considerar en próximos estudios y/o investigaciones que se lleven a cabo en el área donde se realizó el proyecto.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Durante la visita técnica al área de solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17 en los municipios de La Merced y Supía en el departamento de Caldas, la Agencia Nacional de Minería condicionó aspectos técnicos con el fin de determinar la pertinencia para continuar con el proceso de legalización correspondiente.

Las actividades mineras en Colombia, específicamente en propiedad estatal, deben cumplir con ciertas condiciones y obligaciones ambientales reguladas en el Artículo 165 del Código de Minas.

Para la formulación del Plan de Manejo Ambiental de la solicitud LH0159-17 adscrito al convenio interadministrativo GGC N° 189 de 2014 entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia con el Ministerio de Minas y Energía y la Agencia Nacional de Minería se realizó cartografía geológica, caracterización y cálculo de reservas del material de arrastre (arena) aspectos importantes dentro del proceso de legalización.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar la cartografía geológica, caracterización y cálculo de reservas del material de arrastre (arena) de la solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17 en la vereda La Felisa, municipio de La Merced, departamento de Caldas.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Recopilar y analizar información de estudios geológicos, geomorfológicos y estructurales realizados en la zona de estudio.

Realizar trabajo de campo para la identificación de aspectos geológicos como fallas, afloramientos, contactos litológicos y toma de datos estructurales.

Hacer muestreo del material de arrastre (arena) para posterior análisis químico, petrográfico y físico.

Realizar cartografía geológica regional y local a escala 1: 10.000 y 1: 1.000 respectivamente.

Elaborar una columna estratigráfica de tipo regional.

Analizar los resultados de laboratorio para hacer la caracterización del material de arrastre (arena).

Realizar cálculo de reservas del material de arrastre (arena) de la solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17.

### 3. METODOLOGÍA

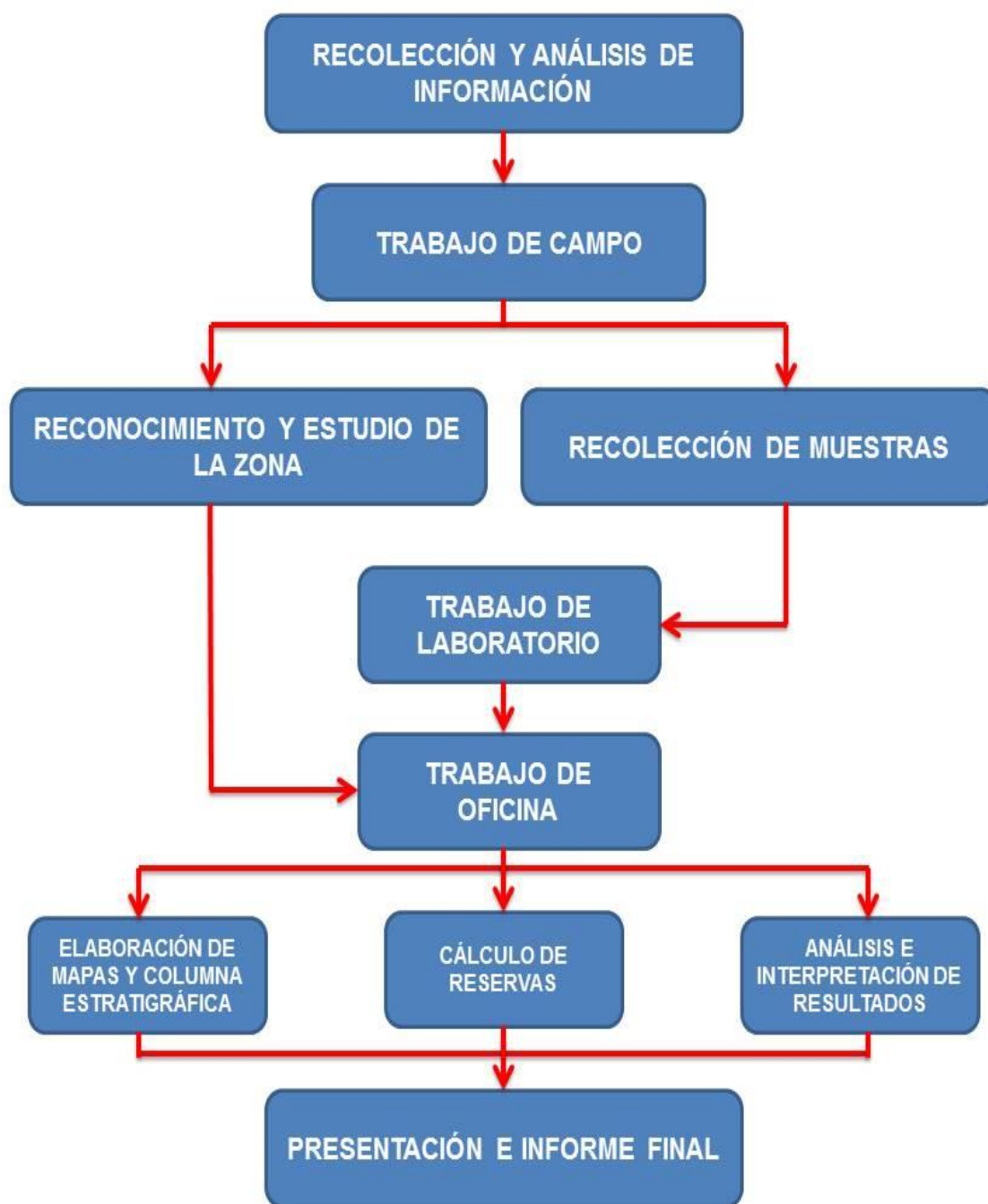
La metodología del proyecto se dividió principalmente en cuatro etapas. La primera consistió en recopilar y revisar la información relacionada con el área de trabajo como la Memoria Explicativa del Mapa Geológico - Departamento de Caldas y la Geología y Geoquímica de la plancha 186 Riosucio, además de la topografía, suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Esta información permitió tener un conocimiento previo en cuanto a las condiciones físicas del terreno, incluyendo aspectos geológicos y geomorfológicos de la zona de estudio.

La segunda etapa consistió en el trabajo de campo donde se evaluó el componente abiótico de la zona de estudio como geología, geomorfología e hidrografía. Se tomaron coordenadas geográficas con GPS 60CSx Garmin además de datos estructurales. Durante la visita se pudo identificar y delimitar la Formación Combia y los Miembros Inferior, Medio y Superior de la Formación Amagá, además se recolectaron muestras macro de acuerdo con la MTC E 201-2000.

Como tercera etapa se realizó la descripción y caracterización de las muestras recolectadas en campo a partir de análisis químicos, petrográficos y físicos, los resultados permitieron evaluar las unidades presentes en el área y las condiciones del material de arrastre (arena) que se pretende explotar. Los ensayos químicos y petrográficos se realizaron en el laboratorio Mineral Services (SGS Colombia) y los físicos en el laboratorio de suelos y rocas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Sede Seccional Sogamoso.

La cuarta y última etapa fue el trabajo de oficina, en donde con todos los datos obtenidos en campo se realizó la cartografía geológica y el cálculo de reservas con el fin de determinar la viabilidad de la explotación del material de arrastre (arena) presente en la zona de estudio, también se elaboró una columna estratigráfica de tipo regional. Para la elaboración de los mapas se revisaron los Estándares de Presentación Cartográfica del Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS. (Ver figura 1).

**Figura 1.** Cuadro sinóptico de la metodología utilizada



**Fuente:** Autores

## 4. GENERALIDADES

### 4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Cordillera Central al noroccidente del departamento de Caldas, en el municipio de La Merced, vereda La Felisa.

La vía más importante de acceso a la zona es la que conduce de la ciudad de Manizales al municipio de La Merced a una distancia de ruta aproximada de 98 km hasta el punto de arcifinio ubicado en la confluencia de la desembocadura de la Quebrada Maibá con el río Cauca en la vereda La Felisa, este punto se ubica en las coordenadas X: 1162970 y Y: 1086440.

La zona de estudio está delimitada por el polígono que se encuentra enmarcado en las coordenadas relacionadas en la tabla 1 (con origen Bogotá, Gauss Central), comprendiendo un área total de 2 ha 6524 m<sup>2</sup>.

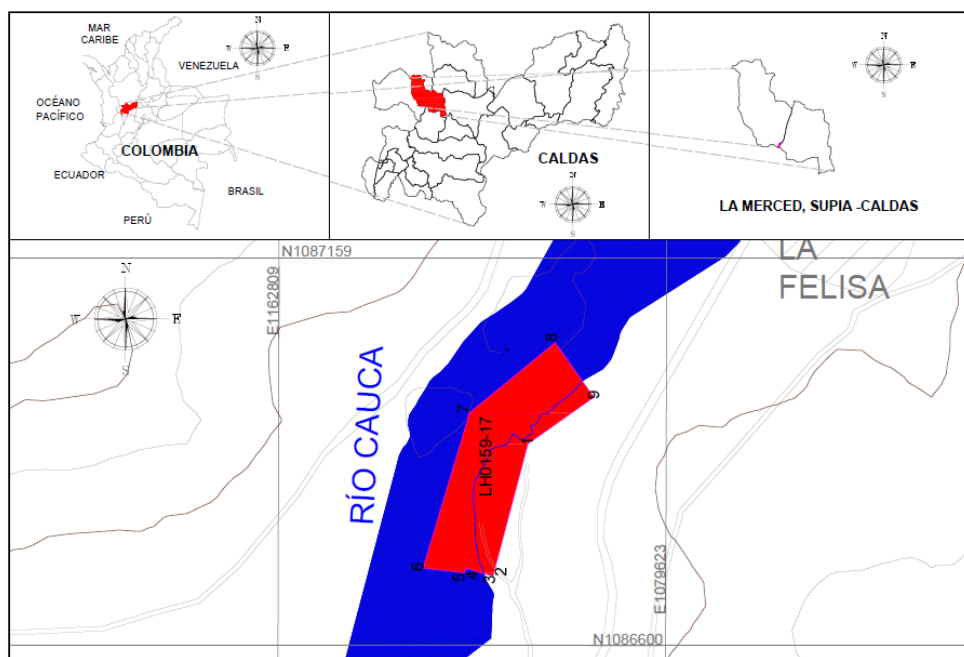
**Tabla 1.** Coordenadas del polígono

PUNTO	COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE
PA - 1	1086440.0	1162970.0
1 - 2	1086860.0	1163125.0
2 - 3	1086690.0	1163080.0
3 - 4	1086690.4	1163076.1
4 - 5	1086700.0	1163045.0
5 - 6	1086694.1	1163043.2
6 - 7	1086700.0	1162990.0
7 - 8	1086900.0	1163050.0
8 - 9	1086990.0	1163160.0
9 - 1	1086920.0	1163210.0

**Fuente:** Solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17

## 4.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

**Figura 2.** Localización



**Fuente:** Autores

**Figura 3.** Vista aérea de la zona de estudio



**Fuente:** Google Earth

### 4.3 LÍMITES DEL MUNICIPIO<sup>1</sup>

El municipio de La Merced está limitado, por el norte con el municipio de Pácora, al oriente con Salamina, al occidente con los municipios de Supía y Marmato y al sur con Aranzazu y Fildadelfia.

**Extensión total:** 98.1 km<sup>2</sup>

**Extensión área urbana:** 0.2 km<sup>2</sup>

**Extensión área rural:** 97.9 km<sup>2</sup>

Territorialmente el departamento de Caldas cuenta con 27 municipios organizados en seis (6) subregiones: Alto Occidente, Alto Oriente, Bajo Occidente, Centrosur, Magdalena Caldense y Norte. La Merced se ubica dentro de la subregión Alto Occidente.

La zona urbana del municipio la conforma el Centro Poblado La Felisa. La zona rural está dividida en trece (13) veredas (Calentaderos, El Limón, El Palo, El Tambor, El Yarumo, Fontibón, La Chuspa, La Quiebra de San Isidro, Llanadas Maciegal, Naranjal, Peñarrica y San José). La población aproximada del municipio es de 6.752 habitantes.

**Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar):** 1.819

**Temperatura media:** 17 / 30 °C

**Distancia de referencia:** 98 km La Merced – Manizales

### 4.4 VÍAS DE ACCESO

El acceso a la zona de estudio comprende la vía principal que comunica a la ciudad de Manizales con la ciudad de Medellín en cuyo trayecto se presenta una desviación hacia el municipio de La Merced, la cual se encuentra pavimentada en su totalidad. (Ver fotografía 1).

---

<sup>1</sup> Alcaldía de La Merced. Información General [en línea]. <[http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion_general.shtml)>



**Fotografía 1.** Vía principal Manizales - Medellín



Del municipio de La Merced se encuentra una vía sin pavimentar que lleva al Centro Poblado La Felisa atravesando un puente que lleva el mismo nombre “La Felisa”, el cual se encuentra sobre el río Cauca, diariamente se moviliza maquinaria pesada sobre el puente transportando el material de arrastre (arena) que se explota en la zona de estudio. (Ver fotografías 2 y 3).

**Fotografía 2.** Vía principal de acceso al municipio de La Merced



### Fotografía 3. Puente “La Felisa”



En cercanías al Centro Poblado La Felisa hay una vía sin pavimentar que comunica con el río Cauca, al final de esta vía se encuentra el lugar donde se llevan a cabo las actividades mineras de la solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17. (Ver fotografías 4 y 5).

### Fotografía 4. Vía La Felisa - Río Cauca



### Fotografía 5. Vía a la zona de estudio



## 4.5 TOPOGRAFÍA

El departamento de Caldas posee uno de los relieves más montañosos del país, su territorio se ve atravesado en su totalidad por las cordilleras Central y Occidental. La topografía está dada entre los 5.400 y 170 m.s.n.m.<sup>2</sup>

El municipio de La Merced, posee una topografía muy quebrada, por encontrarse situado en la Cordillera Central, la cual se encuentra atravesada por tres fallas geológicas (Romerales, La Merced y Bocas).<sup>3</sup>

La topografía en el sector de estudio está principalmente dominada por suaves pendientes producidas por la acumulación de sedimentos continentales como areniscas, limolitas y arcillolitas limitadas al cauce y las vertientes del río Cauca. (Ver fotografía 6).

<sup>2</sup> Wikipedia. Caldas [en línea]. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Caldas>>

<sup>3</sup> Alcaldía de La Merced. Información General [en línea]. <[http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion_general.shtml)>

## Fotografía 6. Topografía dominante



También se presenta topografía abrupta definida en ciertos lugares por la presencia de estratos de aglomerados y brechas de composición basáltica cuyos bloques se encuentran cementados por material tobáceo.

### 4.6 CLIMA Y VEGETACIÓN

El área de estudio pertenece a una zona de piso térmico templado cuyas temperaturas oscilan entre los 18 y 24 °C y altitudes entre los 900 - 1.100 y 1.900 - 2.100 m.s.n.m. Las características de este piso hacen que se considere importante desde el punto de vista económico. En la zona se presentan tierras susceptibles a erosión, por lo que su principal uso está encaminado a la agricultura con cultivos permanentes, preferiblemente en sistemas multiestrato; algunos suelos se desarrollaron a partir de cenizas volcánicas, estos pobres en nutrientes y ricos en materia orgánica que retiene la humedad se utilizan principalmente en los cultivos de café.<sup>4</sup>

Algunos de los suelos presentes tienen muy buenas características físicas, por lo que la aplicación de fertilizantes los hacen altamente productores desde el punto de vista agrícola y ganadero.<sup>5</sup>

<sup>4,5</sup> Alcaldía de La Merced. Información General [en línea]. <[http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion_general.shtml)>



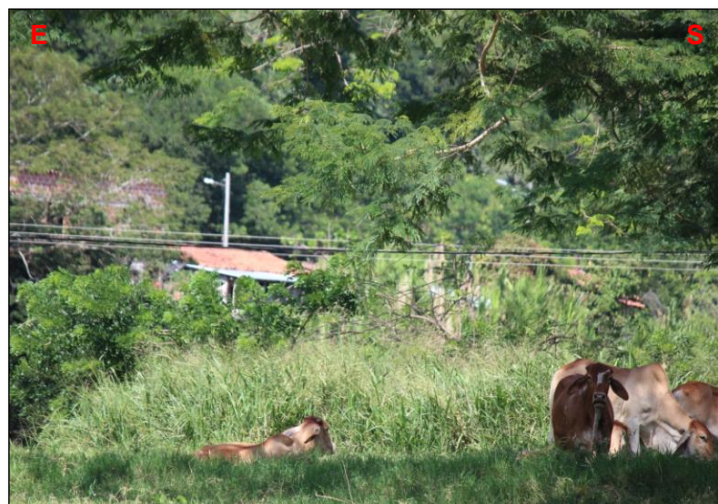
De acuerdo con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia existen cuatro (4) unidades de cobertura en la zona de estudio. La primera corresponde a cultivos permanentes arbóreos, los cuales relacionan aquellos cultivos de hábito arbóreo, en la zona se puede diferenciar dos: los cultivos conformados por especies frutales cítricas como naranja, limón y mandarina y los terrenos dedicados al cultivo de mango. (Ver fotografía 7).

**Fotografía 7.** Cultivos permanentes arbóreos



La segunda cobertura pertenece a pastos limpios donde las tierras están siendo ocupadas por pasto con un cubrimiento que supera el 70%. (Ver fotografía 8).

**Fotografía 8.** Pastos limpios



Los mosaicos de pastos con espacios naturales constituyen la tercera cobertura vegetal, en la zona se presentan espacios naturales que están siendo ocupados por relictos de bosque natural, arbustales y bosques de galería o ripario sobre los cuales la cobertura de pasto oscila entre los 30 y 70% de la superficie total del mosaico. (Ver fotografía 9).

**Fotografía 9.** Mosaicos de pastos con espacios naturales



La última cobertura se relaciona con los bosques de galería y ripario, en el área de estudio se puede observar vegetación arbórea ubicada en las márgenes del curso del río Cauca. (Ver fotografía 10).

**Fotografía 10.** Bosques de galería y ripario



## 4.7 HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica del área de estudio está constituida por la Gran Cuenca del río Cauca y las cuencas de los ríos Pozo y Maibá. La presencia de las cordilleras Occidental y Central en el departamento de Caldas determinan la distribución de las corrientes de agua. La Gran Cuenca del río Cauca recibe los ríos que drenan el flanco occidental de la Cordillera Central y la vertiente oriental de la Cordillera Occidental y se constituye el cañón del Cauca por el acercamiento de las cordilleras Central y Occidental en donde forma un cauce profundo. El río Cauca es el segundo río más importante de Colombia con una extensión de 1.320 km, el cual nace en la laguna del buey en el Macizo Colombiano y desemboca en el río Magdalena; a su paso por el municipio de La Merced, en la vereda La Felisa, es la parte divisoria entre La Merced con los municipios del occidente de Caldas como Supía y Marmato, transcurre paralelo a la vía que une a Manizales con Medellín. Es importante en la región ya que se considera potencial natural por su fuente pesquera debido a su profundidad y amplitud.<sup>6</sup>

La cuenca del río Pozo está representada por el río Pozo o San Lorenzo con sus afluentes los ríos Chambery y Pocito y las quebradas San Pablo, San Diego, La Chapa, El Perro, La Frisolería y La Calera; desemboca en el río Cauca al noroccidente del municipio de La Merced; drena áreas de los municipios de Salamina, norte de Aranzazu y sur de Pácora.<sup>7</sup>

La río Maibá nace en la vereda Balmoral en el municipio de Filadelfia, ocupa cerca de la mitad de la extensión norte del mismo, el sector noroccidental de Aranzazu y una franja al sur del municipio de La Merced; los principales tributarios son las quebradas Despensas, Santa Rosa, Chupaderos, Cascabel y La Cristalina.<sup>8</sup> En la confluencia desembocadura del río Maibá con el río Cauca se realizan las actividades de explotación del material de arrastre (arena) de la solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17. (Ver fotografía 11).

<sup>6,7</sup> Corporación Autónoma Regional de Caldas. Plan de Gestión Ambiental Regional para Caldas 2001-2006 [en línea]. <<http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/329/PGAR%202001-2006%20-%20Parte%201.pdf>>

<sup>8</sup> Alcaldía de La Merced. Información General [en línea]. <[http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion_general.shtml)>



**Fotografía 11. Rio Cauca**



#### **4.8 ANTECEDENTES Y SITUACIÓN JURÍDICA**

El día 17 de febrero de 2004 el titular Neftalí Gómez radica en la Gobernación de Caldas la solicitud de legalización de minería de hecho ante la Unidad de Delegación Minera. El expediente asignado corresponde al consecutivo No. LH0159-17. Con relación a la solicitud, el grupo de legalización minera relaciona la siguiente información:

El día 18 de febrero de 2004 la Unidad de Delegación Minera realiza la evaluación técnica, donde se manifiesta que el área solicitada se encuentra libre de superposiciones, siendo susceptible el otorgamiento. El área es de 3 ha 1432 m distribuidas en una (1) zona.

El día 02 de marzo de 2004 la Unidad de Delegación Minera solicita al titular realizar correcciones a las inconsistencias técnicas encontradas en la presentación del formulario.

El día 05 de abril de 2005 el solicitante mediante oficio acepta el área que se encuentre libre.



El día 29 de octubre de 2007 la Secretaria de Minas de la Gobernación de Caldas en conjunto con la Corporación Autónoma Regional del Caldas realizan la visita al área de solicitud con consecutivo No. LH0159-17. Mediante informe con fecha de 10 de enero de 2008, concluyen que no es viable el trámite de legalización.

El día 27 de octubre de 2010 la Secretaria de Minas de la Gobernación de Caldas realiza nuevamente evaluación técnica, donde concluye que se considera viable continuar con el trámite de la solicitud de legalización minera No. LH0159-17.

El día 21 de agosto de 2012 la Secretaria de Minas de la Gobernación de Caldas concluye que después de revisar toda la información presentada en el Programa de Trabajos y Obras (PTO) el documento no cumple con los parámetros técnicos para ser evaluado.

El día 22 de marzo de 2013 la Secretaria de Minas de la Gobernación de Caldas emite informe técnico de inspección de campo al área de la solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17.

El día 19 de abril de 2013 la Secretaria de Minas de la Gobernación de Caldas mediante revisión de expediente establece que corresponde al área jurídica de la Unidad de Delegación Minera determinar la continuidad del trámite de la solicitud.

El día 16 de septiembre de 2013 mediante Auto VCT 000007 la Vicepresidencia de Contratación y Titulación solicita a la Gobernación de Caldas las solicitudes de legalización minera, las propuestas de contrato de concesión minera y las solicitudes de autorizaciones temporales, dentro de las cuales se encuentra la solicitud de legalización No. LH0159-17.

El día 10 de marzo de 2014 la Vicepresidencia de Contratación y Titulación y el Grupo de Legalización Minera mediante revisión técnica concluyen que una vez reevaluado el expediente de la solicitud de legalización de minería de hecho No. LH0159-17, es necesario realizar visita técnica, con el fin de verificar la actividad minera actual ejecutada por el interesado y determinar el respectivo trámite con la solicitud en estudio.

El día 05 de junio de 2014 la Vicepresidencia de Contratación y Titulación y el Grupo de Legalización Minera realiza visita de verificación al área de la solicitud donde se concluye que técnicamente puede continuar con el proceso de legalización. Se asigna viabilidad para la extracción de material de arrastre (arena) El área susceptible definida después de la visita es de 2 ha 6524 m<sup>2</sup>.

## 5. GEOLOGÍA

### 5.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se encuentra en un entorno geológico constituido principalmente por rocas sedimentarias (arcillas pizarrosas, areniscas bien cementadas con presencia de algunos mantos de carbón) y en menor proporción por rocas ígneas (rocas hipoabisales porfiríticas) las cuales tienen una gran importancia respecto a las condiciones mineralógicas, debido a que son atravesadas por el río Cauca, arrastrando los minerales pesados y generando aluviones auríferos, estas intrusiones de cuerpos semicirculares ígneos moldean las estructuras sedimentarias y transforman la topografía suave y homogénea a una más abrupta. Las zonas afectadas por dicha intrusión se encuentran alrededor de los 800 m. al SE y 1800 m. al SW del área de solicitud.<sup>9</sup> (Ver mapa 1).

### 5.2 ESTRATIGRAFIA

La zona de estudio se encuentra incluida en la plancha 186 – Riosucio del Instituto Colombiano de Geología y Minería actualmente Servicio Geológico Colombiano, a escala 1:100.000. A continuación se hace la descripción litológica y estratigráfica de las unidades presentes en el área de la solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17. (Ver anexo 4).

#### 5.2.1 Cenozoico

##### 5.2.1.1 Formación Amagá<sup>10</sup>

El levantamiento inicial de la Cordillera Occidental a finales del Cretáceo, determinó el desarrollo embrionario de la fosa interandina del Cauca en la parte sur del país, en la cual se depositaron sedimentos marinos salobres durante el Eoceno Superior y el Oligoceno Inferior

A finales del Oligoceno Superior los movimientos tectorogénicos acentuaron la depresión de dicha fosa permitiendo la acumulación de sedimentos continentales, una manifestación de los cuales son los conglomerados, areniscas, limolitas y arcillolitas que afloran, circunscritos al cauce y a las vertientes del río Cauca.

---

<sup>9</sup> GONZALEZ, Humberto. Estratigrafía. Memoria Explicativa. Mapa Geológico del Departamento de Caldas. Medellín. INGEOMINAS, 1993.

<sup>10</sup> CALLE, Bernardo; GONZALEZ, Humberto. Geología y Geoquímica de la plancha 186 Riosucio. Medellín. INGEOMINAS, 1982.

Corrales, et, al (1977), denomina estas cuencas como depresiones post orogénicas y las define como aquellas que se sitúan en el borde externo de las cadenas geosinclinales y se extienden hasta las áreas cratonizadas más próximas.

La Formación se localiza entre la cordillera Central y Occidental, y cubre un área aproximada de 400 km<sup>2</sup>. Presenta una forma alargada con dirección S-N estrechándose hacia el Norte y es discontinua en toda su extensión. En cuanto a sus límites geológicos, esta reposa discordante sobre el Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central y la diorita de Pueblito, y presenta contactos fallados con el Stock de Amagá y las rocas volcánicas básicas de la Formación Barroso. Es suprayacida discordantemente por la secuencia volcano - sedimentaria de la Formación Combia (González, 2001).

La unidad presenta aproximadamente 750 m de espesor y está compuesta principalmente por sedimentos continentales y marinos marginales, asociados a facies de ríos meándricos y trenzados (Sierra et al., 2001). Está caracterizada por la presencia de areniscas conglomeráticas cuarzosas, sub-litoarenitas, wackas líticas y litoarenitas feldespáticas (Sierra et al., 2001).

Esta unidad fue inicialmente investigada por Emil Grosse (1926), quien la denominó Terciario Carbonífero de Antioquia y posteriormente por González H. (1976) Formación Amagá. Este autor conservó la división hecha por Grosse el cual había diferenciado tres pisos, denominándolos Miembro Inferior, Medio y Superior, caracterizados esencialmente por la presencia o ausencia de mantos de carbón.

#### **5.2.1.1.1 Miembro Medio (Pgam)**

Se distingue por la existencia de varios mantos de carbón Con espesores mayores a 0.7 m (dimensión que se considera como la mínima para un manto ser explotable), por contener un número mayor de mantos inexplorables y la carencia de conglomerados.

Las areniscas son similares a las del miembro inferior y el tamaño de grano varía de grueso hasta fino con cemento silíceo-arcilloso, estas van pasando a areniscas arcillosas y arcillolitas a medida que el material silíceo es remplazado por material arcilloso.

Las arcillolitas se presentan bien estratificadas, conformando localmente bancos gruesos, el color es gris a gris verdoso y suelen contener concreciones de siderita y ocasionalmente se presentan capas delgadas de color negro, interestratificadas como piso o techo dentro de los mantos de carbón.

La presencia de estratos de carbón y ocurrencia de óndulas y estratificación cruzada hacen prever un ambiente de sedimentación lacustre, de poca profundidad.

Este miembro litológico no presenta gran importancia dentro del estudio ya que ocupa un pequeño espacio respecto al entorno geológico regional, además no se encuentra atravesado por el cauce del río Cauca, por lo que no se presenta arrastre de material.

#### **5.2.1.1.2 Miembro Superior (Ngas)**

Se identifica por la ausencia de mantos de carbón explotables, por la escasez de conglomerados, la abundancia de areniscas y la presencia de arcillolitas de color ocre.

El Miembro Superior de la Formación Amagá es la unidad litológica más importante dentro de la zona de estudio debido a que ocupa toda el área sobre la cual se adjudicó la solicitud de legalización, además de presentar características de gran interés económico.

Las areniscas se presentan en estratos gruesos, generalmente mayores de 0.20 m alcanzando espesores hasta de 10 m. Su color varía según el grado de meteorización.

Presentan una mala selección textural y mineralógica y suelen exhibir estratificación entrecruzada y gradada. Su tenacidad es poca a intermedia, suelen presentarse algunos estratos conglomeráticos. La matriz puede alcanzar porcentajes hasta del 60% y los componentes líticos pueden constituir hasta el 15% de la roca.

Estas rocas están constituidas esencialmente por cuarzo, feldespato, clastos, líticos, calcita, clorita, epidota, mica, esfena, circón, empotrados en una matriz areno arcillosa o viceversa. El cemento puede ser silíceo o carbonatado u ocasionalmente férrico.

El cuarzo es angular, existiendo una gradación entre los constituyentes de la matriz y los clastos, hay cristales con extinción recta y en otros es ondulatoria, en algunos hay inclusiones de rutilo. En algunos clastos los contornos son definidos, en otros hay cierto grado de dilución hacia los constituyentes de la matriz. Siguiendo a Folk (1974), las características anteriores podrían indicar diferentes orígenes, ígneos y metamórficos, por lo menos, para los cuarzo constituyentes de estas areniscas.

Los feldespatos están representados por plagioclasas, limpias o alteradas a minerales arcillosos. Los clastos líticos están constituidos por fragmentos de cherts, espilitas, limolitas y cuarcitas, de forma angular y tamaño variable, procedentes de la erosión de la Cordillera Central.

La calcita se presenta como producto del reemplazamiento de la plagioclasa, en venas, como relleno de espacios intersticiales o en agregados conformando parte de la matriz.

La clorita se presenta en láminas anhedrales, de color verde pálido, disperso en toda la roca, su ocurrencia es común pero en porcentajes bajos y variables (menor del 4%).

La matriz está constituida por material silíceo-arcilloso o arcillo arenoso, incoloro y parduzco debido a óxidos de hierro finamente diseminados, con algunas láminas dispersas de mica y agregados de calcita secundaria.

Por la proporción de matriz a clastos, el bajo porcentaje de feldespatos, el aporte lítico, la escasa, selección textura y mineralógica estas rocas se pueden clasificar como grauvacas.

Las arcillolitas y limolitas suelen exhibir una coloración variable entre gris claro a rojizo, una estratificación generalmente gruesa con interestratificaciones delgadas de areniscas.

#### **5.2.1.2 Formación Combia (Ngc)<sup>11</sup>**

Dicho nombre fue dado por Grosse (1926) a un conjunto de rocas volcánicas de ambiente subaéreo y volcano-elásticas de ambiente continental.

---

<sup>11</sup> CALLE, Bernardo; GONZALEZ, Humberto. Geología y Geoquímica de la plancha 186 Riosucio. Medellín. INGEOMINAS, 1982.

La Formación Combia constituye una gran proporción del entorno regional en el cual está ubicada la zona de estudio, sin ser la unidad litológica sobre la cual se pretende hacer la explotación. Presenta gran influencia al aportar una cantidad considerable de material de arrastre al río Cauca.

Esta unidad está compuesta por flujos de lava basáltica, rocas piroclásticas de composición intermedia y rocas sedimentarias de ambiente continental. Dada su variabilidad litológica se ha dividido para su descripción en dos miembros diferentes, uno volcánico y otro sedimentario.

#### **5.2.1.2.1 Miembro Volcánico**

Esta unidad ocupa una gran extensión lateral a lo largo del río Cauca. Litológicamente está constituido por interestratificaciones de conglomerados, brechas sedimentarias, areniscas de grano fino a medio y arcillolitas de color crema rojizo.

En los conglomerados y brechas los constituyentes son muy variados, abundando los cantos de basalto oscuro, andesitas, tobas, areniscas de la Formación Amagá, espilitas, gabros, serpentinitas y ocasionalmente algunos clastos de rocas metamórficas.

Dichos cantos son de tamaño muy variable oscilando entre 0.5 hasta 20 cm aproximadamente. En su forma, van desde bloques angulares a redondeados.

La mayor parte de los derrames eruptivos corresponden a basaltos feldespáticos. Es común observar niveles de autobrechas, sucedidos por niveles de lava maciza vesicular o amigdaloides, con vesículas rellenas de calcedonia, exhibiendo bloques redondeados producto de meteorización esferoidal y a veces, estructuras columnares (Calle y González, 1980). Las tobas son de colores claros predominantemente y están constituidas, en proporciones altamente variables, por fragmentos de piroclastos y vidrio; tobas soldadas se encuentran en la desembocadura del río Amagá al río Cauca. Las capas de conglomerado tienen matriz arenosa similar, en composición y características, a la de las areniscas tobáceas que se encuentran formando capas definidas dentro de la secuencia (González, 2001).

#### **5.2.1.2.2 Miembro Sedimentario**

Está compuesto por sedimentos con aportes de material volcánico que se superponen a los distintos miembros de la Formación Amagá (Grosse,

1926; Calle y González, 1980). Litológicamente está constituido por interestratificaciones de conglomerados, brechas sedimentarias, areniscas de grano fino a medio y arcillolitas de color crema rojizo. En los conglomerados y brechas, los constituyentes son variados, abundando los cantos de basalto, andesitas, tobas y areniscas de la Formación Amagá (Calle y González, 1982).

### **5.2.1.3 Rocas hipoabisales porfiríticas (Ngpa) <sup>12</sup>**

Circunscritos a la cuenca del río Cauca existen una serie de cuerpos de sección semicircular, que resultan sobre la topografía suave característica de las zonas donde aflora la Formación Amagá o acentúan la topografía abrupta definida en ciertos lugares por la presencia de estratos de aglomerados y brechas de la Formación Combia. Estas rocas se encuentran próximas a la zona de estudio y tienen influencia en la morfología y pendiente de la cuenca del río Cauca sobre la cual está ubicada la solicitud de legalización minera.

Dentro de estos cuerpos se han identificado dos facies, de composición andesítica y dacítica, dentro de las cuales puede haber cambios gradacionales. Suelen estar muy meteorizadas dando lugar a un material arcilloso, de color pardo amarillento, dentro del cual se conservan cristales bipiramidales de cuarzo, cuando el saprolito proviene de la meteorización de una roca dacítica.

Los pórfidos andesíticos presentan una textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa y hornblenda de hasta 2.5 cm de largo, introducidos en una masa afanítica de color gris claro.

Los pórfidos dacíticos son rocas porfiríticas de color gris medio a claro, localmente cubiertas por una pátina parda amarillenta de limonita-hematita producida por alteración de los sulfuros contenidos en la roca. La hornblenda se encuentra total o parcialmente remplazada por clorita verde pálida y calcita de tal manera que solo se observan restos de los cristales originales. La matriz es holocristalina compuesta esencialmente por plagioclasa intermedia no maclada, con cuarzo, clorita, opacos y calcita como accesorios.

---

<sup>12</sup> CALLE, Bernardo; GONZALEZ, Humberto. Geología y Geoquímica de la plancha 186 Riosucio. Medellín. INGEOMINAS, 1982.



## 5.3 GEOLOGÍA LOCAL

La geología dentro del polígono de solicitud de legalización se caracteriza por la presencia de gravas, guijarros y lentes de arena de grano medio. La principal unidad litológica a nivel local pertenece al Cuaternario y comprende un nivel de Cuaternario Aluvial (ver mapa 2).

### 5.3.1 Cenozoico

#### 5.3.1.1 Cuaternario Aluvial (Qal)

Se caracteriza por la presencia de capas aluviales formadas principalmente por cantos rodados, depositados por las corrientes actuales del río Cauca en las llanuras relativamente angostas conformando playones de materiales heterométricos no consolidados. (Ver fotografía 12).

#### Fotografía 12. Cuaternario Aluvial



Los depósitos aluviales ocupan las partes bajas de los valles y están constituidos principalmente por cantos transportados compuestos de plagioclasas, clorita, tremolita-actinolita, cuarzo, calcita, biotita, moscovita, epidota y minerales opacos provenientes de las formaciones Amagá y Combia. En el proceso de arrastre el río Cauca deposita a su paso arenas grisáceas, silíceas, compactas y de grano medio a fino.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> GONZALEZ, Humberto. Estratigrafía. Memoria Explicativa. Mapa Geológico del Departamento de Caldas. Medellín. INGEOMINAS, 1993.



Hacia la dirección Este de la zona de estudio la terraza sobre la ribera alcanza una altura media de 70 cm y un espesor de la capa vegetal de 12 cm. El Cuaternario Aluvial se encuentra en contacto discordante con el Miembro Superior de la Formación Amagá.

#### 5.4 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO

El material de arrastre (arenas) que está siendo explotado en la zona de estudio corresponde principalmente a lentes de arena del Cuaternario de Terraza (ver fotografía 13). Esta unidad litológica involucra aquellos sedimentos depositados por el río Cauca durante su recorrido por la vereda La Felisa, en los límites de los municipios La Merced - Supía.

**Fotografía 13.** Material de arrastre



Los depósitos de origen aluvial están en proceso de acumulación permanente y están constituidos en su mayoría por materiales finos como arenas, limos y arcillas, también presentan una cierta proporción de cantos rodados, producto de un segundo transporte.

En la zona de estudio, estos depósitos integran la terraza aluvial, desarrollándose principalmente en las márgenes del río Cauca. Teniendo en cuenta la dinámica de acumulación de los aluviales, la edad de estos depósitos se considera del Holoceno a subrecientes.

## 6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Cordillera Central la cual se caracteriza por ser una cadena que ha sufrido intensos plegamientos, fallamientos, levantamientos e intrusiones batolíticas de gran magnitud, haciéndose difícil aclarar las relaciones estructurales y estratigráficas entre las distintas unidades de roca. Además, durante el Cenozoico se presentaron grandes eventos volcánicos cuyos productos aún fosilizan el relieve y no permiten observaciones detalladas.<sup>14</sup>

Dentro de la Cordillera Central se enmarcan dos grandes sistemas de fallas aproximadamente perpendiculares entre sí: el primer sistema está representado por las fallas de Romeral – Cauca al Oeste y la de Palestina y Mulato al Este con direcciones variables entre NNE-SSW y NE-SW. El segundo sistema tiene dirección aproximada NW-SE a E-W y está constituido por la falla de Salamina – Marulanda y el lineamiento del río Arma.<sup>15</sup> Es importante hacer aclaración que dentro del polígono de solicitud de legalización de minería de hecho LH0159-17 no se observan afectaciones por alguna estructura tectónica, sin embargo las grandes fracturas tienen una clara expresión morfológica evidenciable en la zona circundante al área de estudio, se presentan rocas fracturadas y cizalladas, algunas presentan características menores que pueden ser tomadas como lineamientos en las fotografías aéreas.

En algunos afloramientos de rocas porfíricas se percibe un fracturamiento intenso cuya dirección predominante oscila entre N20W a N60W. Algunos estudios indican que la intrusión de estos cuerpos es posterior al fallamiento principal de las rocas metamórficas, ya que muchos diques y filones siguen su dirección, por lo que este fracturamiento puede interpretarse como una removilización de dichas estructuras.

El tectonismo del Cenozoico se puede relacionar con los sedimentos de la Formación Amagá los cuales se encuentran fuertemente deformados en una dirección predominante de N20W, 37SN y algunos lineamientos fotogeológicos vinculados a las rocas de la Formación Combia con dirección NS, SE-NW.<sup>16</sup>

<sup>14</sup> CALLE, Bernardo; GONZALEZ, Humberto. Geología y Geoquímica de la plancha 186 Riosucio. Medellín. INGEOMINAS, 1982.

<sup>15, 16</sup> GONZALEZ, Humberto. Estratigrafía. Memoria Explicativa. Mapa Geológico del Departamento de Caldas. Medellín. INGEOMINAS, 1993.

## 7. GEOMORFOLOGÍA

Para determinar el modelamiento del paisaje en la zona de estudio se relacionaron las geoformas de ambiente denudacional y fluvial. Cada proceso presenta una serie de características y condiciones que regulan el comportamiento del relieve, la clasificación se hizo teniendo en cuenta el glosario de unidades y subunidades geomorfológicas del Servicio Geológico Colombiano.

### 7.1 AMBIENTE DENUDACIONAL

Cuando se habla de procesos denudacionales, se hace referencia aquellos en los cuales se produce meteorización de las masas rocosas continentales expuestas y desgaste del regolito resultante por la acción combinada de fuerzas de desplazamiento y de los agentes geomorfológicos, con el consecuente remodelado y paulatina reducción de la superficie terrestre.

Dentro de la individualidad geográfica se pueden mencionar las siguientes unidades geomorfológicas:

**Cimas (Dc):** Se evidencian dentro de la zona de la solicitud con superficies amplias convexas a planas a lo largo del cauce del río Cauca. Presentan pendientes planas a inclinadas con anchos entre 200 a 650 metros, limitadas por laderas cuya inclinación puede ser moderada a escarpada.

**Colina remanente muy disectada (Dcred):** Corresponden a elevaciones del terreno con una altura entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local que está definido por el río Cauca, presentan una cima aguda estrecha en forma convexa. Estas formas de relieve se encuentran limitadas por laderas escarpadas, muy disectadas por las quebradas. Se relaciona la gran acción denudacional del agua de escorrentía en la zona de la solicitud. (Ver fotografía 14).

**Fotografía 14.** Colinas remanentes disectadas



**Lomas desnudas (Did):** En la zona de estudio se evidencian elevaciones del terreno con alturas menores a los 200 metros sobre su nivel de base local, con una morfología alomada y elongada, laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas. (Ver fotografía 15).

**Fotografía 15.** Lomas desnudas



Tanto las colinas como las lomas conforman una serie lineal dentro del sector y se encuentran asociadas a la Cordillera Central extendiéndose paralelas a sus estribaciones. Este tipo de accidentes del relieve con amplia extensión son el



resultado de la degradación prolongada e intensiva de anteriores piedemontes y altiplanicies o por el resultado del cuasiaplanamiento por la denudación extrema de la Cordillera Central.

## 7.2 AMBIENTE FLUVIAL

Los procesos fluviales están relacionados con los fenómenos de erosión por la corriente de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales de arrastre a lo largo del cauce de un río. En la zona de estudio la sedimentación aluvial o fluvial es la responsable de este tipo de procesos en la cual el agua del río Cauca impulsada por la gravedad en forma de escorrentía es el agente de transporte y depositación.

La naturaleza de la sedimentación fluvial y las características morfológicas de las geoformas resultantes dependen de la carga de sedimentos que deposita el río Cauca a su paso por el área de trabajo.

En la zona de estudio se pueden identificar algunas características morfológicas propias de ambientes fluviales, entre las que encontramos:

**Cauce aluvial (Fca):** Canal de forma irregular excavado por el fenómeno de erosión de la corriente del río Cauca, transportando sedimentos aluviales. Particularmente describe un cauce curvo debido a la pendiente baja en el área de la solicitud. (Ver fotografía 16).

**Fotografía 16.** Cauce aluvial



**Terraza de acumulación (Fta):** Es la superficie suavemente ondulada, donde se depositan algunos sedimentos aluviales transportados por el río, se presenta en forma paralela al cauce del río a lo largo de toda el área de la solicitud, limitada por escarpes de diferente altura. Su origen es relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Su depósito está constituido por gravas arenas. (Ver fotografía 17).

**Fotografía 17.** Terraza de acumulación



## 8. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DE ARRASTRE

### 8.1 MUESTREO MATERIAL DE ARRASTRE (ARENA)

Para la toma de muestras en campo se siguieron los lineamientos establecidos en la norma MTC E 201-2000 adaptación de la ASTM D75/D75M-14 Standard Practice for Sampling Aggregates. La base de la caracterización del material en la zona de estudio se fundamentó en la recolección de muestras confiables.

Inicialmente se hizo una inspección detallada de los depósitos de material aluvial para establecer sobre toda la zona de estudio de donde era posible obtener el suministro, además de hacer distinción de las diferentes clases de material y su estado en las distintas partes del depósito.

La selección de las muestras para los respectivos análisis se hizo de manera aleatoria, se obtuvieron cuatro (4) fracciones, cada una con un peso aproximado de 25 kg (ver mapa 3). La localización geográfica de las muestras se relaciona en la tabla 2.

**Tabla 2.** Coordenadas muestreo

#	ID Muestra	Norte	Este
M1	LH0159-17-01	1086718	1163062
M2	LH0159-17-02	1086777	1163059
M3	LH0159-17-03	1086838	1163074
M4	LH0159-17-04	1086914	1163062

**Fuente:** Autores

Para asegurar la integridad de las muestras, éstas fueron empacadas y rotuladas. A continuación se relaciona la información básica de cada una:

<b>ID Muestra</b>	LH0159-17-01		<b>Fecha recolección</b>	2014/11/23
<b>Coordenadas</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>Departamento</b>	Caldas
	1086718	1163062		
<b>Altura</b>	732 m.s.n.m.		<b>Municipio</b>	La Merced
<b>Propietario</b>	Neftalí Gómez		<b>Vereda</b>	La Felisa
<b>Colector</b>	Moisés Correa		<b>Mina</b>	Los Trinchos

#### Fotografía



<b>ID Muestra</b>	LH0159-17-02		<b>Fecha recolección</b>	2014/11/23
<b>Coordenadas</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>Departamento</b>	<b>Caldas</b>
	1086777	1163059		
<b>Altura</b>	732 m.s.n.m.		<b>Municipio</b>	La Merced
<b>Propietario</b>	Neftalí Gómez		<b>Vereda</b>	La Felisa
<b>Colector</b>	Fabián Beltrán		<b>Mina</b>	Los Trinchos

#### Fotografía





<b>ID Muestra</b>	LH0159-17-03		<b>Fecha recolección</b>	2014/11/23
<b>Coordenadas</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>Departamento</b>	<b>Caldas</b>
	1086838	1163074		
<b>Altura</b>	732 m.s.n.m.		<b>Municipio</b>	La Merced
<b>Propietario</b>	Neftalí Gómez		<b>Vereda</b>	La Felisa
<b>Colector</b>	Fabián Beltrán		<b>Mina</b>	Los Trinchos

#### Fotografía



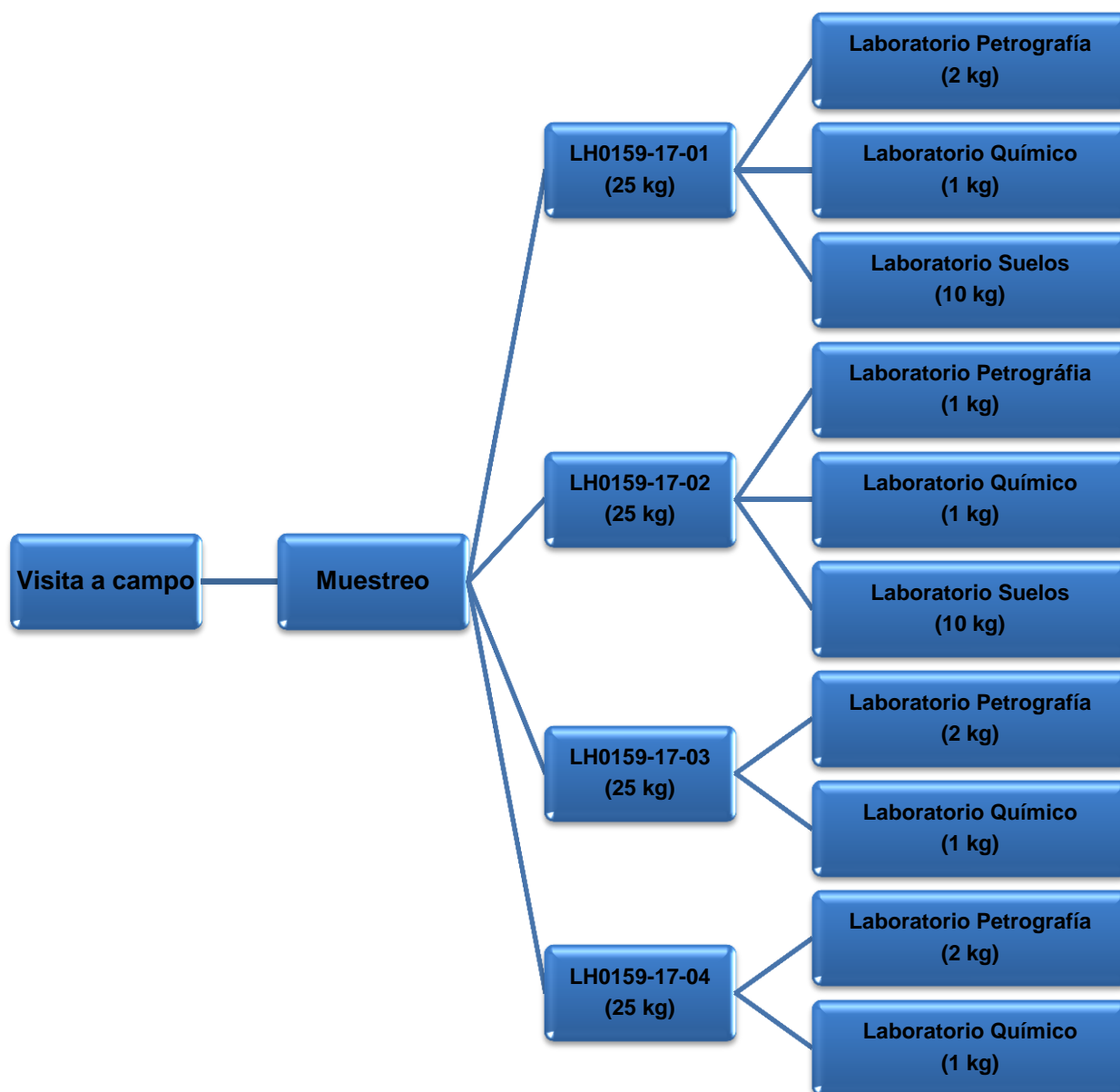
<b>ID Muestra</b>	LH0159-17-04		<b>Fecha recolección</b>	2014/11/23
<b>Coordenadas</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>Departamento</b>	<b>Caldas</b>
	1086914	1163062		
<b>Altura</b>	732 m.s.n.m.		<b>Municipio</b>	La Merced
<b>Propietario</b>	Neftalí Gómez		<b>Vereda</b>	La Felisa
<b>Colector</b>	Moisés Correa		<b>Mina</b>	Los Trinchos

#### Fotografía



Una vez finalizado el muestreo se procedió a enviar las fracciones recolectadas en campo a los respectivos laboratorios para realizar los diferentes análisis. (Ver figura 4).

**Figura 4.** Cantidad de muestra enviada a cada laboratorio



**Fuente:** Autores

## 8.2 ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis químico comprende un conjunto de técnicas físicas y químicas, que se emplean para determinar la composición de cualquier sustancia. Existen dos tipos de análisis los cualitativos y los cuantitativos, el primer tipo de análisis está orientado a la identificación de los componentes de una muestra, es decir los elementos que forman la sustancia, su principio se basa en el reconocimiento de propiedades físicas o químicas de los analitos (componentes que interesan de una muestra), en otras palabras cualquier aspecto que puede ser observado o medido cuya naturaleza y magnitud puede relacionarse unívocamente con la naturaleza del analito. Los análisis cuantitativos están orientados a la determinación de las cantidades de los analitos en una determinada muestra, normalmente se establecen cantidades relativas o concentraciones.<sup>17</sup>

Para el caso de la caracterización del material de explotación de la solicitud de legalización LH0159-17 las muestras recolectadas en campo fueron sometidas a un análisis químico de características cuantitativas por el método de Fluorescencia de Rayos X con el fin de establecer las concentraciones de elementos mayores y menores. Los análisis se hicieron con el equipo de Fluorescencia de Rayos X del Laboratorio Minerals Services (SGS COLOMBIA) en la ciudad de Barranquilla, el cual mide concentraciones de elementos mayores ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y traza (Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Th y Pb). Este método es capaz de medir concentraciones en % en peso y en partes por millón (ppm). Es una técnica muy eficiente ya que proporciona mediciones en corto tiempo y sumamente precisas.

La técnica se basa en la medición e interpretación de la fluorescencia emitida por un material cuando se hace incidir en este un haz de rayos x. Esta técnica analítica se aplica a diferentes muestras sólidas inorgánicas, tales como rocas, minerales, fragmentos de arcilla, sedimentos, etc. Uno de los requisitos para el análisis es que debe haber estándares de lo que se quiere analizar. Previo al análisis, se realiza una apropiada calibración instrumental, de acuerdo a la composición de la muestra, para determinar la densidad de emisión de los rayos. Se emiten rayos X que pasan por un filtro de haz primario y después pasan por la muestra, de tal manera que excita la muestra con rayos X.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> H.N, Wilson. Química analítica aplicada. Universidad Castilla La Mancha. Departamento de Química Analítica. España.

<sup>18</sup> TORRES, Y; SUAREZ, J; MARTINEZ, R. Estudio del análisis por fluorescencia de rayos X de minerales lateríticos usando perla de fusión. La Habana, Cuba. 2010. Universidad de Holguín. Comité de Investigación de La Laterita.

El Laboratorio Minerals Services cuenta con espectrómetro secuencial de rayos X, SRS 3000 marca SIEMENS, equipado con tubo de rodio y ventana de berilio de 125 micras, utilizado en la determinación de elementos mayores y elementos traza. Los errores estimados en las determinaciones son menores a 1 % en elementos mayores y menores a 4 % en elementos traza. En todos los casos, las curvas de calibración han sido estándares emitidos por instituciones de reconocido prestigio internacional. (Ver fotografía 18).

**Fotografía 18.** Espectrómetro secuencial de XRF

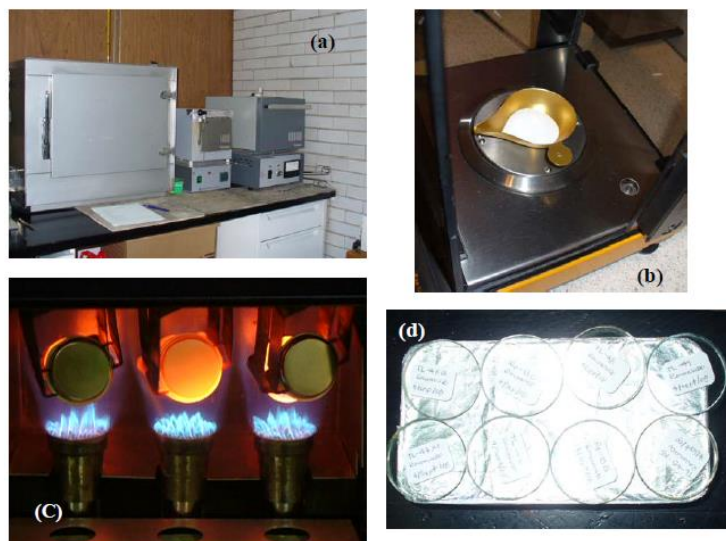


**Fuente:** Laboratorio Minerals Service

### 8.2.1 Preparación de muestra para análisis por Fluorescencia de Rayos X

El análisis de elementos mayores, se realiza en muestras fundidas (perlas). Las perlas son preparadas mezclando 1 g de muestra en polvo con 9 g de mezcla de fundente  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -  $\text{LiBO}_2$  (50:50 % en peso). La mezcla es vaciada a un crisol de Pt/5 % Au y calentado a 1100 °C en un hornillo equipado con quemadores Fisher y moldes para la preparación simultanea de 3 perlas (Fluxy Claisse). Previo al calentamiento se agregan 2 gotas de LiBr en solución acuosa con una concentración de 250g/L. La solución de LiBr actúa como agente no-mojante, favoreciendo que la perla se despreque del molde durante el proceso de enfriado (ver figura 5).

**Figura 5.** Preparación de perlas para el análisis de elementos mayores: (a) Horno donde se calcina la muestra; (b) Pesado de la muestra con la mezcla fundente; (c) Vaciado de la muestra en el crisol de Pt/Au y (d) Perlas terminadas y etiquetadas.



**Fuente:** Laboratorio Minerals Service

Como complemento del análisis de elementos mayores, se requiere determinar la pérdida por calcinación (PXC), lo cual se hace calentando a 1000°C por una hora, un gramo de muestra en “base seca”, en un crisol de porcelana y dejando enfriar lentamente hasta temperatura ambiente para obtener el peso calcinado. El cálculo de la pérdida por calcinación (PXC) se determina de la siguiente forma:

$$(\%)PXC = (Peso\ seco - Peso\ calcinado) * 100$$

El análisis se realizó siguiendo los lineamientos de la norma **ISO 12677:2011** Chemical Analysis of Refractory Products by X-Ray Fluorescence (XRF) Fused Cast-Bead Method.

### 8.2.2 Resultados

En la tabla 3 se relaciona el consolidado de los resultados del análisis químico para las cuatro (4) muestras enviadas al Laboratorio Mineral Services.

**Tabla 3.** Resultados análisis químicos

ID MUESTRA	ELEMENTOS MAYORES Y MENORES (%)							
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O
LH0159-17-01	13,50	0,21	3,84	5,28	4,74	1,07	65,84	3,66
LH0159-17-02	13,71	0,66	4,15	6,88	7,79	1,24	60,13	3,19
LH0159-17-03	12,01	0,38	5,67	6,88	10,57	0,77	59,58	2,05
LH0159-17-04	13,70	0,21	5,26	6,89	7,39	1,04	61,36	2,26
<b>Promedio</b>	13,23	0,37	4,73	6,48	7,62	1,03	61,73	2,79

**Fuente:** Autores

Los resultados revelan que el contenido de Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) con un promedio de 61,73 % no presenta variaciones significativas, estos valores elevados reflejan un posible evento de silicificación post-depositacional en la zona de estudio. El contenido de Óxido de Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) está del orden del 13,23 %, lo cual infiere la presencia de argilominerales (minerales del grupo de las arcillas) y feldespatos en las muestras analizadas.

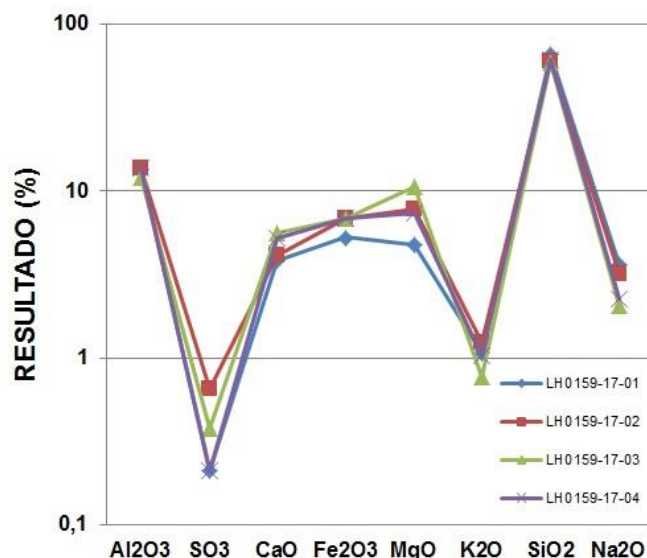
El contenido promedio del Óxido de Sodio (Na<sub>2</sub>O) es de 2,79 %, la presencia de sodio se puede asociar posiblemente con las plagioclasas. Por su parte el contenido de Óxido de Potasio (K<sub>2</sub>O) no supera en promedio al 1,5 % (1,03 %), este porcentaje se puede derivar por la presencia de micas y feldespatos potásicos. El Óxido de Calcio (CaO) muestra una concentración promedio de 4,73 %, este valor se puede asociar principalmente a la presencia de plagioclasas y calcita.

Los contenidos de Óxido de Hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) presentan un promedio de 6,48 % un valor relativamente alto que puede estar relacionado con silicatos ferromagnesianos, en óxidos como la hematita y las limonitas presentes en el material tomado en campo. De manera semejante, el Óxido de Magnesio (MgO) presenta un valor alto del orden de 7,62 %, el cual se puede vincular con el contenido de micas y argilominerales como cloritas, es importante recordar que el magnesio puede ser aportado por fragmentos volcánicos de composición máfica.

El trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) es el elemento de menor contenido en las muestras analizadas con un promedio de 0,37 %. (Ver figura 6).



**Figura 6.** Diagrama elementos mayores



**Fuente:** Autores

La evaluación de determinadas relaciones entre los elementos mayores es una herramienta que permite la caracterización composicional de las rocas. Con base a los resultados obtenidos para las cuatro (4) muestras recolectadas en campo se establecieron las siguientes relaciones (ver tabla 4).

**Tabla 4.** Relación elementos mayores

ID MUESTRA	RELACIÓN ELEMENTOS MAYORES (%)			
	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
LH0159-17-01	4,877	0,292	4,935	0,079
LH0159-17-02	4,386	0,389	5,548	0,090
LH0159-17-03	4,961	0,376	8,935	0,064
LH0159-17-04	4,479	0,460	6,625	0,076
<b>Promedio</b>	4,676	0,379	6,511	0,077

**Fuente:** Autores

En este sentido la relación SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, fue utilizada como un indicador de madurez mineralógica y como un indicador del tamaño de grano de los sedimentos (Pettijohn *et al.*, 1987 y Herron, 1988). Dingle y Lavelle (1998 y 2000) utilizaron los

valores promedios de Roser *et al.* (1996) considerando mayor la madurez a medida que se incrementa el contenido de cuarzo respecto a feldespatos, minerales máficos y fragmentos líticos en una muestra. Así, las muestras relacionadas con el área de solicitud de legalización LH0159-17 que muestra un valor promedio de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  de 4,676 %. Este resultado refleja el contenido significativo de cuarzo que poseen las muestras analizadas.

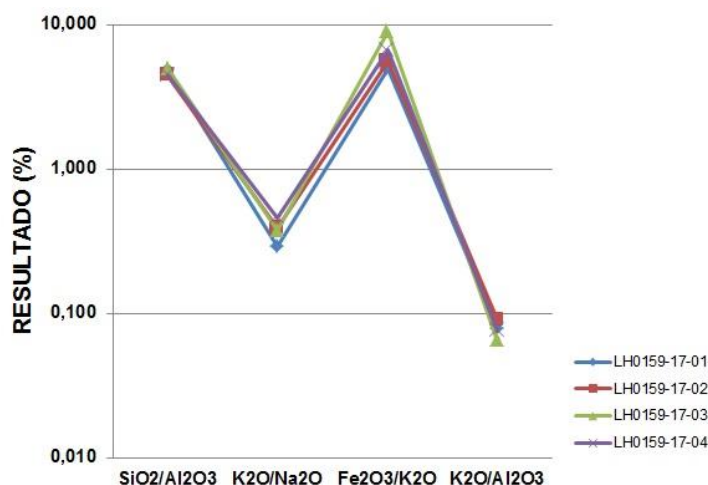
La relación  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ , que, según Spalletti *et al.* (1993), se asemeja al rol que juegan los fragmentos volcánicos y las plagioclasas, reflejan la existencia de fenómenos volcánicos. Se ha observado que esta relación en las muestras analizadas es baja con un promedio de 0,379 %. Estas relaciones bajas son consistentes con los datos petrográficos obtenidos, dado que a partir de dichos estudios se conoce que las plagioclasas dominan por sobre los feldespatos potásicos y la gran contribución de fragmentos líticos volcánicos. Así se interpreta que estas relaciones menores a 1 % ponen de manifiesto la importante contribución de material volcánico en la zona de estudio.

La relación  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$  (Herron, 1988), se utilizó como un indicador de estabilidad mineralógica, en donde se ve representada la relación existente entre los fragmentos líticos y los feldespatos. Este hecho radica en que el cuarzo, los feldespatos potásicos y las micas, en especial la moscovita, son los minerales más estables en el ambiente sedimentario, mientras que los fragmentos líticos conteniendo minerales de Fe y Mg son los menos estables bajo dichas condiciones. Del análisis de las muestras recolectadas en campo se desprende que este índice es relativamente alto con un promedio de 6,511 %, indicando una buena estabilidad mineralógica. Dichos valores reflejan las altas proporciones de hierro que presentan en general las muestras analizadas. Este hecho se relaciona con el importante contenido en fragmentos líticos que poseen las muestras y con la presencia de minerales ricos en Fe, como óxidos y argilominerales.

La razón  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Cox *et al.*, 1995), se utilizó como un indicador del reciclado sedimentario, el cual disminuye a medida que aumenta la cantidad de argilominerales presentes en los sedimentos. Se observa que esta relación es muy baja en todas las muestras, con un promedio de 0.077 %, no superando en ninguno de los casos el límite de 0.3. Este valor fue establecido para separar los argilominerales (0.0 a 0.3) de los feldespatos (0.3 a 0.9). Estos resultados bajos hallados en las muestras enfatizan la importancia de la fracción arcillosa en la determinación de la composición total de estas rocas. Así se interpreta que las mismas poseen una alta proporción de argilominerales, los cuales probablemente deriven de una intensa meteorización química. (Ver figura 7).



**Figura 7.** Diagrama relación elementos mayores



**Fuentes:** Autores

Las diferencias composicionales existentes en las rocas sedimentarias analizados pueden ser calculadas mediante el Índice de Variabilidad Composicional (ICV), de Cox et al. (1995). Este se basa en la abundancia relativa de alúmina respecto a los otros cationes mayoritarios de las rocas, donde se define el ICV como:

$$ICV = \frac{Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO + MgO + MnO + TiO_2}{Al_2O_3}$$

Este índice se utilizó como una medida de la madurez composicional de las rocas, considerando la abundancia relativa entre los minerales no arcillosos y los minerales arcilla. Cox et al. (1995) define valores de ICV para los feldespatos entre 0,54 - 0,87 % y para los minerales arcilla entre 0,03 - 0,78 %. El Índice de Variabilidad Composicional de las muestras recolectadas en campo tiene un valor promedio de 1, 725 %, lo cual indica una madurez composicional intermedia. (Ver tabla 5).

**Tabla 5.** Índice de Variabilidad Composicional

ID MUESTRA	IVC
LH0159-17-01	1,377
LH0159-17-02	1,696
LH0159-17-03	2,160
LH0159-17-04	1,667
<b>Promedio</b>	<b>1,725</b>

**Fuente:** Autores

### 8.3 ANÁLISIS PETROGRÁFICO

Un estudio petrográfico requiere, en primer lugar, del examen físico de la roca (descripción macroscópica) que nos brinde información sobre el aspecto, textura, color, dureza, tamaño de grano o granularidad de la roca. Después de las observaciones macroscópicas se realiza una descripción microscópica, la cual consiste en determinar la composición mineralógica y los rasgos texturales, con lo que es posible obtener mucha información de donde se originó la roca; también se determina la forma y color de los cristales, tipo u origen de cada mineral (primarios o secundarios), la textura, la relación mutua entre los minerales y/o asociaciones minerales, así como la matriz o cementante en caso que esté presente. Cada tipo de roca tiene características microscópicas específicas muy importantes en una clasificación. Cabe señalar que ambos análisis en conjunto (macroscópico y microscópico) brindan los parámetros necesarios para describir y clasificar acertadamente una roca.

La descripción microscópica se realiza con la ayuda de un microscopio polarizado. El principio de este equipo se basa en utilizar luz polarizada, la cual es creada pasando luz a través de un filtro de polarización. Esto transmite luz solamente en una dirección. Hay dos filtros de polarización sobre y debajo de la muestra (el polarizado y analizador). La forma en la cual las muestras interactúan con la luz polarizada puede brindar información acerca de su estructura y composición. Alrededor del 90% de todas las sustancias sólidas tienen propiedades ópticas que varían con la orientación de la luz incidente (materiales anisotrópicos). Cuando estos materiales anisotrópicos se rotan, el observador puede ver brillantez y/o cambios de color (pleocroísmo) bajo luz polarizada que depende de la orientación del material en el camino óptico. Estos cambios se pueden usar para caracterizar e identificar varios materiales.

La mayoría de los minerales se pueden identificar cuando se examinan con un microscopio polarizante, incluso cuando no se pueden identificar en muestras de mano. Además de la identificación mineral también se logra evaluar importante información acerca de los procesos formadores de las rocas. Utilizando láminas delgadas, la distinción entre los diferentes tipos de rocas es más fácil. El microscopio, permite observar las relaciones texturales en una determinada muestra que aportan pistas de cuándo y cómo se formaron los minerales en la roca.

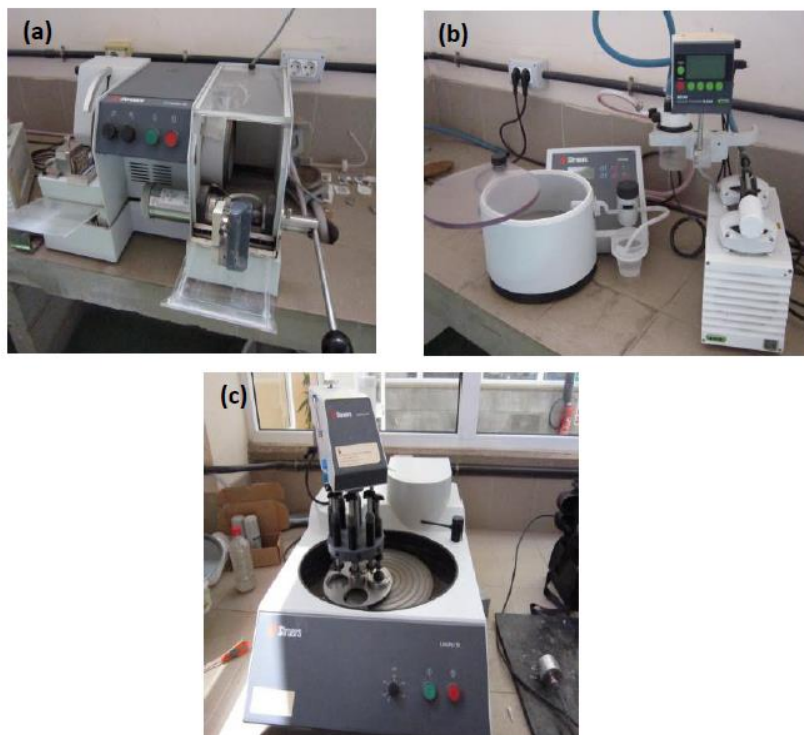
### **8.3.1 Metodología**

La descripción y clasificación de las muestras recolectadas en campo para análisis petrográficos se realizó en el Laboratorio Mineral Services (SGS Colombia) mediante la observación microscópica de secciones o laminas delgadas derivadas de las muestras enviadas al laboratorio.

Para la preparación de las secciones delgadas se utilizó una cortadora de precisión, una unidad de impregnación en vacío con resina epoxy y una pulidora automática para secciones delgadas. Lo primero que se realizó fue cortar las muestras macroscópicas obtenidas en campo con el fin de alcanzar un tamaño aproximado de 8 x 20 x 30 mm, a continuación se hizo un pulido a una de las caras de la muestra (la que va fija al porta de vidrio) usando polvo de carburo de silicio, mezclado con glicerol/agua, de dos tamaños: #200  $\mu\text{m}$  y #1000  $\mu\text{m}$ . Después del proceso de pulido se pega la muestra al porta de vidrio con resina epoxy o similar.

Una vez la resina se ha secado la muestra se corta hasta alcanzar un espesor de 0,5 - 1 mm, después de esto es sometida nuevamente a pulido para obtener un espesor total de aproximadamente 80  $\mu\text{m}$  + resina, la muestra debe ser pulida con polvo de carburo de silicio #1000  $\mu\text{m}$  hasta que su espesor de lámina delgada este entre los 25 - 30  $\mu\text{m}$ . (Ver figura 8).

**Figura 8.** Equipos para la preparación de secciones delgadas: (a) Cortadora de precisión; (b) Unidad de impregnación en vacío con resina epoxy; (c) Pulidora automática para secciones delgadas.



**Fuente:** Laboratorio Mineral Services

### 8.3.2 Resultados

El análisis microscópico se realizó sobre cuatro (4) secciones delgadas de material disgregado con granulometrías variadas desde arenas muy finas hasta tamaños gránulos (125  $\mu\text{m}$  - 4 cm), con una relación de granos: arena 30 % y gravas 70 % con bajo grado de meteorización. Dichos cortes fueron analizados bajo un microscopio de polarización Nikon Eclipse E-200 (ver fotografía 19). Para la toma de fotografías se utilizó una cámara digital Nikon Coolpix 995. En la tabla 6 se relacionan los resultados del análisis petrográfico para las muestras recolectadas en campo.

**Fotografía 19.** Microscopio de polarización Nikon Eclipse E-200



**Fuente:** Laboratorio Mineral Services

**Tabla 6.** Resultados análisis petrográficos

COMPONENTES MINERALOGICOS	RESULTADOS (%)				PROMEDIO
	LH0159-17-01	LH0159-17-02	LH0159-17-03	LH0159-17-04	
Cuarzo	12,3	18,1	12,5	21,5	16,10
Plagioclasa	20,6	14,3	16,8	17,3	17,25
Moscovita	4,5	2,8	5,5	4,2	4,25
Biotita	1,5	1,0	0,5	1,5	1,13
Olivino	10,3	1,9	--	--	6,10
Opacos	2,7	1,9	3,0	3,0	2,65
Hidróxidos de Hierro	1,5	1,9	6,2	5,5	3,78
Actinolita-Tremolita	7,5	8,2	10,5	13,5	9,93
Epidota	3,7	7,5	7,1	5,5	5,95
Clorita	21,0	36,2	25,4	22,0	26,15
Zoisita	1,0	3,2	3,0	3,0	2,55
Calcita	9,9	--	9,5	3,0	7,47
Serpentina	3,5	1,0	--	--	2,25
Espinela	--	2,0	--	--	2,00
Esfena	--	TRAZAS	--	--	--

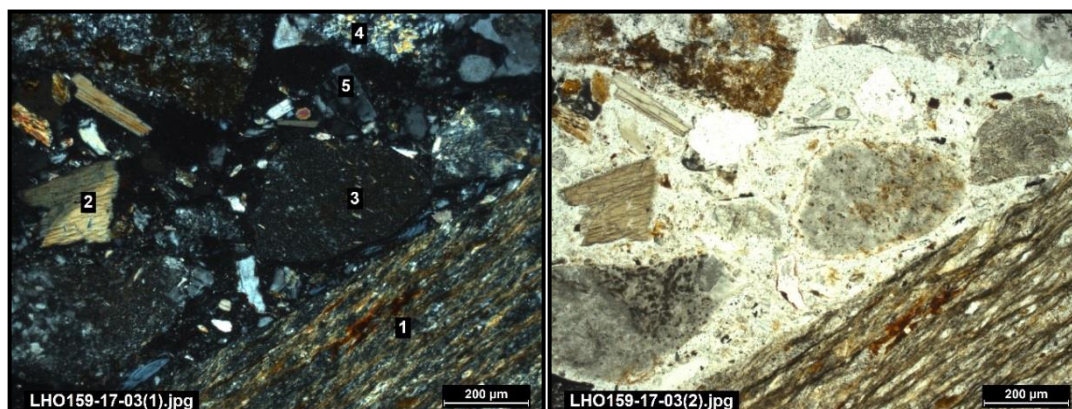
**Fuente:** Autores



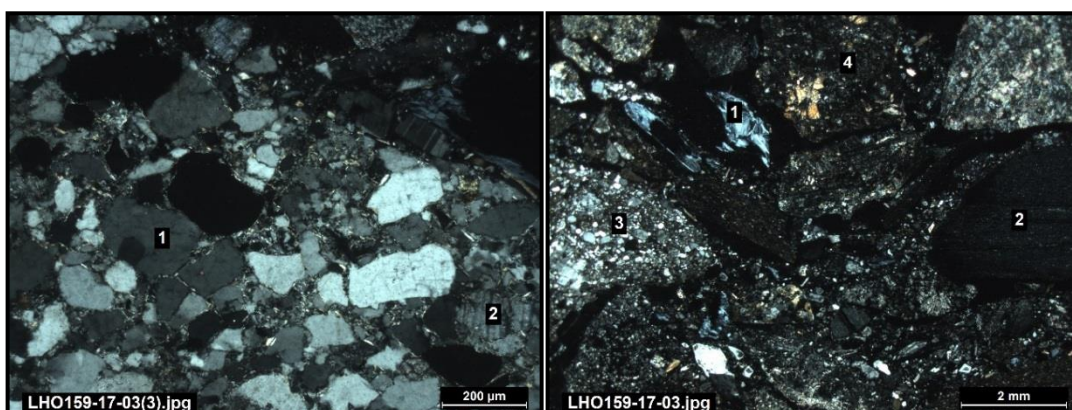
El contenido de cuarzo en las muestras presenta un comportamiento similar en cuanto a sus valores con un promedio de 16,10 %. El cuarzo se constituye de tetraedros de  $\text{SiO}_2$ , por lo que se puede relacionar con el porcentaje obtenido en los análisis químicos. De acuerdo con el ambiente sedimentario en la zona de estudio se puede inferir que se presenta como un mineral detrítico aunque también puede constituir el cemento que une los granos detríticos en las rocas analizadas.

La plagioclasa ((Ca, Na)  $\text{AlSi}_3\text{O}_8$ ) es una forma de feldespato, se trata de un silicato que contiene aluminio y se forma sin planos de exfoliación, se distingue de la ortoclasa por su contenido de calcio y sodio por lo que los valores de sus óxidos se pueden relacionar al contenido de plagioclasa en las muestras. Este mineral se encuentra asociado a rocas ígneas y metamórficas. (Ver figura 9).

**Figura 9.** Sección delgada de la muestra LHO159-17-03 vista bajo el microscopio



**Foto 1 y 2:** Detalle ilustrando presencia filita(1), actinolita (2), basalto (3), epidota (4), plagioclasa (5), Nícoles cruzados. Der. Objetivo aire 2.5X. Nícoles paralelos.



**Foto 3 y 4:** Izq. Detalle de roca sedimentaria clástica, arenisca feldespática, con presencia de cuarzo (1), plagioclasa (2) Objetivo 20X. Der. Panorámica ilustrando relación de componentes. Esquisto clorítico (1), filita carbonosa (2), arcosa (3), basalto (4). Objetivo 2.5X.

**Fuente:** Laboratorio Mineral Services

En la zona de estudio las plagioclasas se pueden vincular con los pórfidos andesíticos que según Radelli (1965) se consideran de origen subvolcánico, los cuales se caracterizan por presentar fenocristales de plagioclasa, sin embargo también se pueden asociar con el Miembro Volcánico de la Formación Combia que se compone esencialmente de los derrames de basaltos feldespáticos.

Las muestras analizadas también presentan fragmentos líticos, los cuales corresponden principalmente a rocas ígneas intrusivas tipo gabro, doleritas y dunitas, ígneas extrusivas tipo andesitas, rocas metamórficas tipo esquistos cuarzo-moscovíticos, esquistos actinolíticos cloríticos, cuarcitas y filitas.

Algunos de los componentes relacionados en la tabla 6 corresponden a minerales accesorios, a continuación se referencian los de mayor importancia:

**Moscovita:** Con un promedio del 4,25 % este componente se puede relacionar con los líticos relacionados anteriormente. Es un mineral muy frecuente en aquellas rocas ricas en sílice y aluminio, lo cual concuerda con los resultados de análisis químico.

**Olivino:** Este mineral es significativo por presentar un valor de 10,3 % en los resultados de la muestra LH0159-17-01. El olivino es un nesosilicato de hierro y magnesio abundante en rocas de origen magmático, en algunas rocas se considera mineral principal como es el caso de los gabros, basaltos y dunitas, lo cual cierta relación con los líticos relacionados en los resultados petrográficos. Los óxidos de hierro y magnesio de los análisis químicos se pueden relacionar con este mineral.

**Hidróxidos de hierro:** Este tipo de mineral accesorio presenta un resultado promedio de 3,78 %, cuyo valor más alto se relaciona con la muestra LH0159-17-03 con una estimación del 5,5 %. Los hidróxidos de hierro se pueden asociar con las rocas eruptivas encontradas en los fragmentos líticos y con los sedimentos de medios oxigenados y cálidos de las muestras analizadas bajo el microscopio.

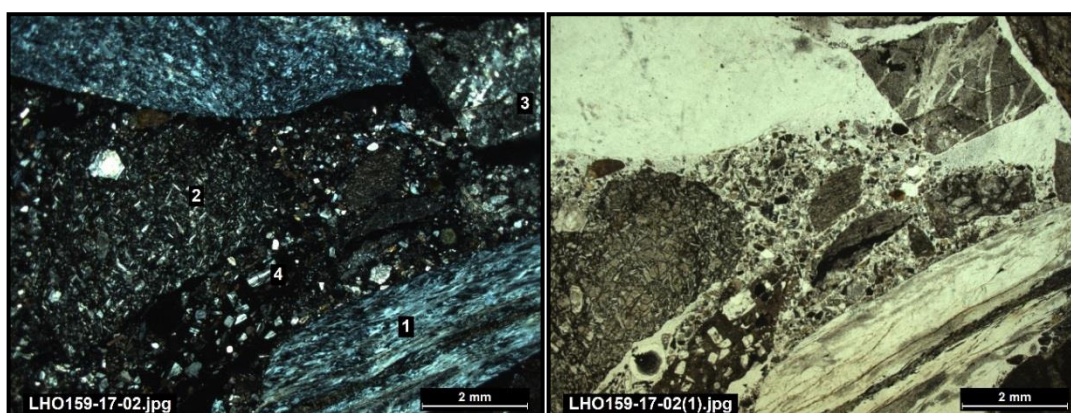
**Actinolita-Tremolita:** Presenta un incremento gradual en las muestras, su promedio está del orden del 9,93 %. La actinolita-tremolita son dos anfíboles que forman una solución sólida entre el término magnesio (tremolita) y el férrico (actinolita). Resulta de la alteración de piroxenos o anfíboles primarios. En la zona de estudio puede estar asociado a alteraciones propilíticas.

Dentro de la composición mineralógica también encontramos algunos minerales de alteración como:

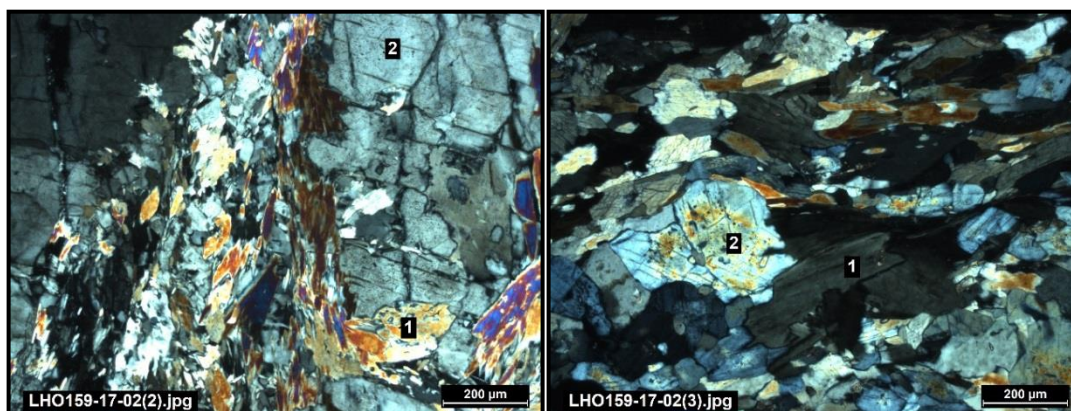


**Clorita:** Este mineral es el de mayor abundancia en las cuatro (4) muestras analizadas con un valor promedio del 26,15 %. La clorita es un filosilicato muy hidratado que comúnmente reemplaza a minerales máficos menos hidratados a bajas temperaturas, cuando hay disponibilidad de agua. De acuerdo con los resultados podemos decir que el alto nivel de clorita se debe a la alteración de otros minerales como la biotita, el olivino y la espinela, este último mineral solo se encuentra relacionado en la muestra LH0159-17-02, cuyo contenido de clorita es el más alto con un valor de 36,2 %. (Ver figura 10).

**Figura 10.** Sección delgada de la muestra LH0159-17-02 vista bajo el microscopio



**Foto 1 y 2:** Panorámica ilustrando presencia de esquistos clorítico (1), dolerita (2), basalto diaclasado soldado con clorita (3), roca efusiva tipo basalto (4). Der. Nícoles paralelos. Objetivo aire 2.5X.



**Foto 3 y 4:** Izq. Detalle de presencia de esquistos con actinolita – tremolita (1), zoisita (2). Der. Clorita (1), epidota (2). Objetivo 20X.

**Fuente:** Laboratorio Mineral Services



**Epidota:** Presenta un contenido promedio del 5,95 %. Este mineral es un componente común de las rocas, pero su origen es secundario. Se puede formar cuando las calizas y esquistos sufren metamorfismo aunque también puede surgir por alteración hidrotermal de feldespatos, micas, piroxenos y otros componentes todos ellos de rocas ígneas. Para la zona de estudio el contenido de epidota se puede asociar con la alteración de la plagioclasa.

**Calcita:** Su principal origen se debe a procesos sedimentarios y biológicos aunque también puede aparecer como resultado de alteraciones propilíticas que para el caso de la zona de estudio estaría asociado a la clorita y epidota. El contenido de óxido de calcio se puede relacionar a este mineral ya que durante las alteraciones hidrotermales suele incorporarse a la calcita. Su valor promedio esta del orden del 7,47 %.

#### 8.4 ANÁLISIS FÍSICOS

Los materiales de arrastre como es el caso de la arena explotada en el área de solicitud LH0159-17 se consideran recursos de la comunidad pues son fundamentales para el desarrollo de cualquier sociedad y se constituyen materia prima esencial para la construcción de casas, carreteras, edificios, etc.

Para establecer la potencialidad del material se deben evaluar ciertas características y una de ellas es la calidad física. Esta valoración proporciona información importante para definir los usos finales y aplicaciones. De acuerdo con los conceptos de Langer & Knepper (1995,1997) la calidad física se define como satisfactoria, aceptable o pobre, esta estimación es explicada en la tabla 7.

La arena como agregado natural es utilizada en la industria de la construcción, particularmente en la elaboración de concreto, el cual resulta de la mezcla de agua, cemento, agregados finos y gruesos. El agregado es su mayor constituyente (aproximadamente 70 % por volumen) y el tipo de agregado influye en las proporciones de la mezcla y en el desempeño del mismo. Las propiedades del agregado afectan las características del concreto tales como la densidad, resistencia, durabilidad, entre otras.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> MAYA SANCHEZ, Mario. Zonas potenciales para materiales de construcción en los alrededores de Medellín Colombia. Medellín. INGEOMINAS, 2003.

**Tabla 7.** Términos utilizados para describir los grados relativos de calidad física de los agregados naturales.

<b>CALIDAD FÍSICA</b>	
<b>Término</b>	<b>Definición</b>
<b>Satisfactorio</b>	Las muestras de roca son materiales duros a firmes, relativamente libres de fracturas y en formas diferentes a lascas, y la textura de la superficie es relativamente rugosa. Los materiales cumplen con todas las especificaciones físicas requeridas para la elaboración de concreto y las unidades rocosas presentan poco o nada de meteorización.
<b>Aceptable</b>	Las muestras de rocas exhiben una o dos de las siguiente características: firmes a friables; moderadamente fracturado; forma plana o en lascas; superficie relativamente suave e impermeable. Los materiales no cumplen, al menos, con una de las especificaciones requeridas para la elaboración de concreto de cemento Pórtland y requiere un procesamiento especial para mejorar la calidad de la materia prima. Regionalmente, presenta zonas con rocas sanas y zonas con fuerte meteorización
<b>Pobre</b>	Los materiales exhiben una o más de las siguientes características: friable; altamente fracturado; cambio de volumen marcado al mojarse y secarse; combinación de tres o más cualidades del tipo aceptable. Los materiales no cumplen con dos o más especificaciones para la elaboración de concreto de cemento Pórtland y se requiere un procesamiento intenso para mejorar la calidad. Las zonas presentan una fuerte meteorización.

**Fuente:** Langer & Knepper

En Colombia, la normatividad NTC del Instituto Colombiano de Normas Técnicas Colombianas y Certificación – ICONTEC cuenta con un grupo de normas relacionadas con los agregados naturales y determina las especificaciones requeridas para que puedan ser utilizados en la elaboración de concreto (ver tabla 8).

Los parámetros de la tabla 8 se han confrontado con los resultados de los ensayos físicos emitidos por el Laboratorio de Suelos y Rocas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Seccional Sogamoso, los cuales se realizaron bajo normatividad. La copia de los informes de resultado se incluye en el anexo 3.

**Tabla 8.** Especificaciones requeridas para los agregados naturales empleados en la elaboración de concreto en Colombia.

Ensayo	Especificaciones
Pasa 200 (%)	< 5
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Agregados grueso: > 2,55
Desgaste en la Maquina de Los Ángeles (%)	< 40

**Fuente:** ICONTEC

A continuación se relacionan cada uno de los ensayos realizados a las muestras recolectadas en campo:

#### 8.4.1 Ángulo de reposo

El ángulo de reposo es el ángulo máximo con que un montículo de material (arena) se mantiene estable sin que se produzca una falla por desplazamiento, es una propiedad determinada por la fricción, cohesión y forma de las partículas. Cuando un material granular es vertido lentamente sobre una superficie horizontal, este fluye formando un montículo en que la superficie libre va fallando intermitentemente hasta que el proceso se detiene y se forma una pendiente.

Para la estimación de este parámetro se aplicó la norma ASTM Standard Test Method for Measuring the Angle of Repose of Free-Flowing Mold Powders (Designation: 1444-00).

#### 8.4.1.1 Procedimiento

Este ensayo consiste en vaciar arena en una superficie de papel a través de un embudo de dimensiones específicas desde una altura de 1,5 pulgadas (3,81 cm). El embudo se levanta lentamente para ir construyendo una pila por pluviación del material, siempre debe estar en contacto con la parte superior (cima) de la pila, esto con el fin de evitar que el impacto de las partículas afecte la estructura interna de la pila y el material quede en el estado más suelto posible, una vez todo el material se haya vertido se mide el ángulo de reposo en la zona lineal del talud, en otras palabras el formado entre la superficie inclinada del montículo y la base. Su cálculo se puede hacer de manera directa o aplicando la siguiente formula:

$$\phi_{rep} = \tan^{-1} \left( \frac{D}{H} \right)$$

Donde:

$D$  = diámetro montículo arena

$H$  = altura montículo arena

#### 8.4.1.2 Resultados

Los resultados obtenidos en el laboratorio se muestran en la tabla 9 para diferentes tamaños de partícula.

**Tabla 9.** Resultados ensayo ángulo de reposo

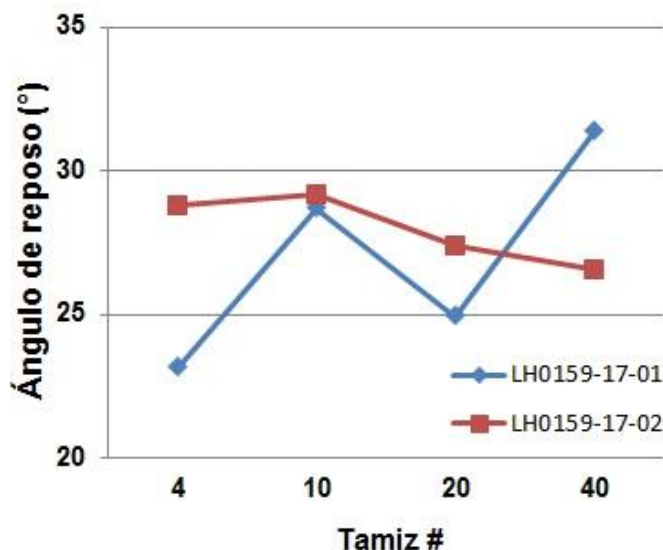
Tamiz #	Ángulo de reposo (°)	
	LH0159-17-01	LH0159-17-02
4	23,1142	28,7798
10	28,6518	29,1808
20	24,9048	27,3874
40	31,3496	26,5651

**Fuente:** Autores

Como se muestra en la figura 11 los resultados a diferentes tamaños no presentan una variación significativa por lo que se puede establecer que el material presenta un comportamiento sistemático y aunque el ángulo de reposo juega un rol

fundamental en la estimación de valores máximos de inclinación que aseguren el no deslizamiento del material el alcance del proyecto se limita a la caracterización, por lo que estos elementos de seguridad no serán evaluados.

**Figura 11.** Relación ángulo de reposo - tamaño de partícula



Fuente: Autores

#### 8.4.2 Granulometría de agregados gruesos y finos

Este ensayo se realizó siguiendo los lineamientos de la norma I.N.V.E – 213-07 del Instituto Nacional de Vías con el fin de determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados gruesos y finos del material recolectado en campo por medio de tamices con abertura cuadrada progresivamente decrecientes.

##### 8.4.2.1 Procedimiento

Se debe asegurar que el agregado (arena) esté completamente mezclado antes de cuartearlo y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos.

La muestra debe ser secada a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta obtener una masa constante, con una aproximación de 0,1 % de la masa original de la muestra. Se debe seleccionar un grupo de tamices cuyos tamaños sean los adecuados para suministrar la información necesaria para establecer las especificaciones del material, posterior a ellos se encajan los tamices en orden

decreciente colocando la muestra sobre el tamiz superior. Los tamices se deben agitar manualmente durante un periodo adecuado o hasta que no pase más del 0,5 % de la masa de la muestra total por ningún tamiz. Finalmente se establece la masa retenida en cada tamiz y se calcula el porcentaje retenido, retenido acumulado y el que pasa. La masa total del material después del tamizado debe ser muy próxima a la masa de la muestra original colocada sobre los tamices.

#### 8.4.2.2 Resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio (ver tabla 10) se puede establecer que el tamaño de partícula predominante de las muestras ensayadas está entre los tamices 4 y 200.

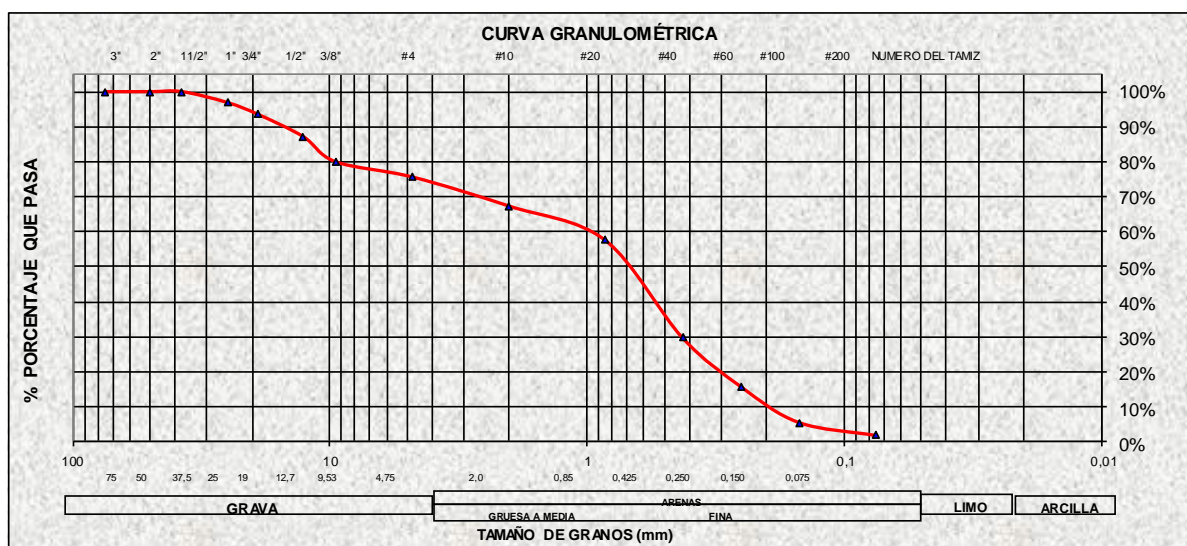
**Tabla 10.** Resultados granulometría para la muestra LH0159-17-01

<b>Peso de la muestra seca + recipiente (g):</b>	4388,00
<b>Peso del recipiente (g):</b>	116,0
<b>Peso de la muestra seca (g):</b>	4272,000

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum.	% QUE PASA
3"	75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	132,700	3,106%	3,106%	96,894%
3/4 "	19	144,700	3,387%	6,493%	93,507%
1/2 "	12,7	269,700	6,313%	12,807%	87,193%
3/8 "	9,5	307,000	7,186%	19,993%	80,007%
4	4,75	187,900	4,398%	24,391%	75,609%
10	2	354,900	8,308%	32,699%	67,301%
20	0,85	413,600	9,682%	42,381%	57,619%
40	0,425	1190,500	27,868%	70,248%	29,752%
60	0,25	603,600	14,129%	84,377%	15,623%
100	0,15	429,800	10,061%	94,438%	5,562%
200	0,075	159,700	3,738%	98,176%	1,824%
Fondo	5,336	77,900	1,824%	100,0%	0,000%
<b>TOTAL</b>		<b>4272,000</b>	<b>100,000%</b>		

**Fuente:** Autores

**Figura 12.** Curva granulométrica muestra LH0159-17-01



### 8.4.3 Contenido de humedad

#### 8.4.3.1 Procedimiento

El tiempo requerido para obtener una masa constante puede variar dependiendo del tipo de material, tamaño del espécimen, tipo de horno y su capacidad y otros



factores. Después de que el material se haya secado a masa constante, se remueve el recipiente del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente o hasta que el recipiente pueda ser manejado fácilmente con ambas manos y la operación de pesaje no esté afectada por corrientes convectivas. Se determina la masa del recipiente y de la muestra secada en el horno usando la misma balanza que se usó en las primeras operaciones. Registrar este valor.

El cálculo del contenido de agua en el material se determina aplicando la siguiente formula:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

$W_w$  = masa del agua, g

$W_s$  = masa de las partículas sólidad, g

#### 8.4.3.2 Resultados

La aplicación práctica de la determinación del contenido de agua en muchos materiales es una de las propiedades índice más significativas para establecer una correlación entre el comportamiento del material y otras propiedades. Las muestras analizadas presentan un contenido elevado de humedad (ver tabla 11), esta tendencia quizás se deba a que los especímenes fueron tomados en una zona de constante inundación por las aguas del rio Cauca. Este parámetro se debe evaluar en los procesos de transporte y comercialización.

**Tabla 11.** Resultados contenido de humedad

	LH0159-17-01		LH0159-17-02	
	1	2	1	2
<b>Masa húmeda (g)</b>	17,8	9,8	10,5	10,6
<b>Masa seca (g)</b>	83,9	45,7	71,7	70,8
<b>Humedad (%)</b>	21,216	21,444	14,644	14,972
<b>H Promedio (%)</b>	21,330		14,808	

**Fuente:** Autores



#### 8.4.4 Peso unitario

Esta prueba se emplea para determinar valores de densidad bulk, que son utilizados por muchos métodos de selección de proporciones para mezclas de concreto. En términos de explotación es un valor usado para establecer la relación entre masa/volumen para conversiones en acuerdos de compra.

##### 8.4.4.1 Procedimiento

Registrar la masa de un recipiente seco sobre el cual se va a colocar la muestra, además de su diámetro y altura con los cuales se determinara el área y volumen del recipiente. El tamaño de la muestra debe ser aproximadamente 125 a 200 % de la cantidad requerida para llenar el recipiente de la medida evitando la segregación.

Colocar la muestra seca, la cual fue llevada a un horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta obtener una masa constante y registrar el peso. Calcular el peso unitario del material aplicando la siguiente ecuación:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

$M$  = densidad del agregado,  $\text{g}/\text{cm}^3$

$G$  = masa del agregado más la del recipiente de medida, g

$T$  = masa del recipiente de medida, g

$V$  = volumen del recipiente de medida, g

##### 8.4.4.2 Resultados

Con base a los resultados se puede establecer que la densidad bulk es óptima para la elaboración de concreto ya que los valores estimados para una arena fina están entre 1,3 y 1,65  $\text{g}/\text{cm}^3$  y el promedio de los pesos unitarios esta del orden de 1,3  $\text{g}/\text{cm}^3$ , es decir que este parámetro también cumple con las especificaciones exigidas por la normatividad colombiana NTC. Los pesos unitarios determinados en laboratorio se muestran en la tabla 12.

**Tabla 12.** Valores pesos unitarios

	<b>LH0159-17-01</b>	<b>LH0159-17-02</b>
<b>Masa del recipiente seco (g)</b>	4,600	4,700
<b>Diámetro recipiente (cm)</b>	3,500	3,500
<b>Altura recipiente (cm)</b>	5,000	5,000
<b>Masa de la muestra seca + masa del recipiente seco (g)</b>	65,700	68,300
<b>Área del recipiente (cm<sup>2</sup>)</b>	9,62115	9,62115
<b>Volumen recipiente (cm<sup>3</sup>)</b>	48,10575	48,10575
<b>Masa seca (g)</b>	61,100	63,600
<b>Peso unitario total (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1,270</b>	<b>1,322</b>

**Fuente:** Autores

#### **8.4.5 Resistencia al desgaste de los agregados menores de 37,5 mm**

Este ensayo se realiza por medio de la máquina de Los Ángeles. Ha sido ampliamente usado como un indicador de la calidad relativa o la competencia de diferentes fuentes de agregados pétreos de similares composiciones mineralógicas. La prueba se realizó siguiendo la norma I.N.V.E-218-07 del Instituto Nacional de Vías, INVIAS.

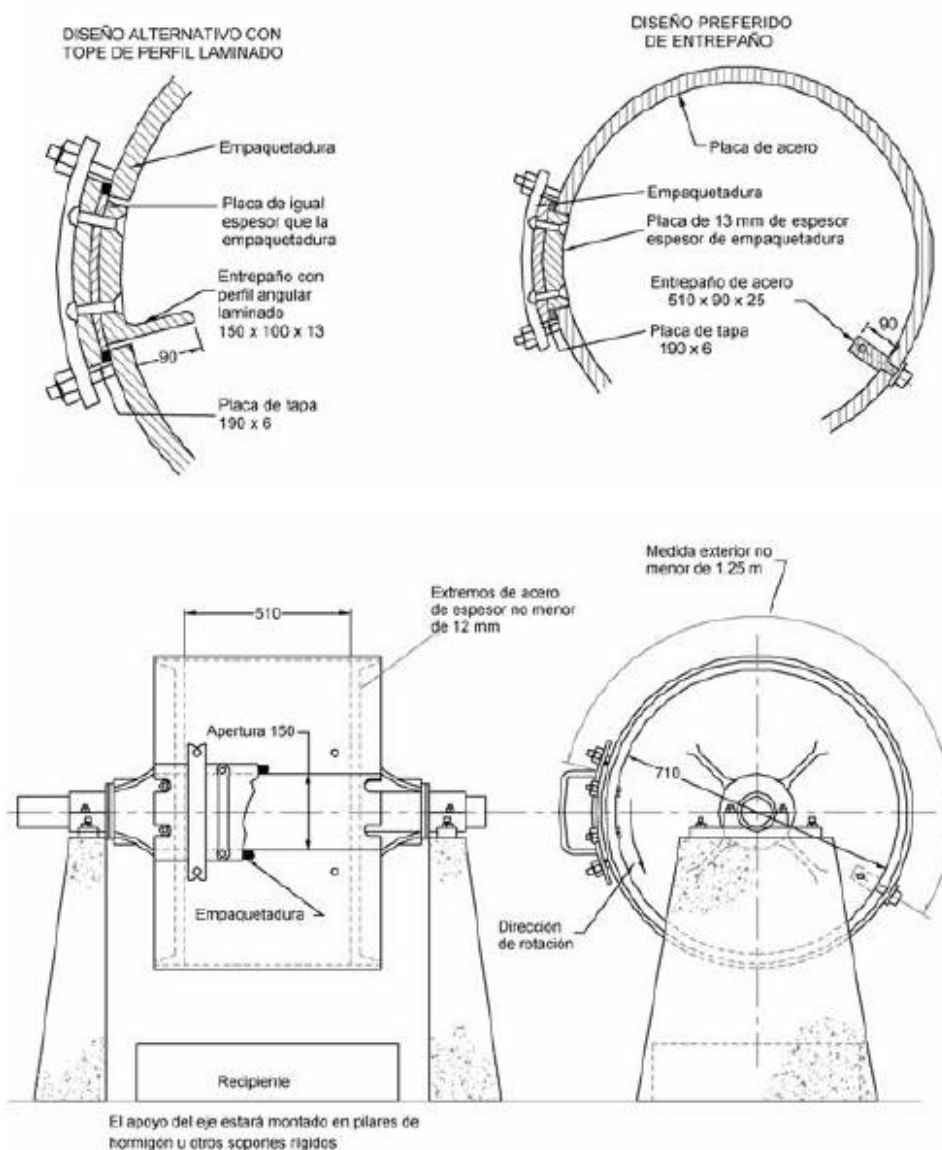
##### **8.4.5.1 Procedimiento**

La muestra destinada al ensayo debe ser reducida, lavada y secada en un horno a una temperatura constante comprendida entre  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Luego de comprobar que el tambor este limpio, la muestra y la carga abrasiva correspondiente se colocan en la máquina de Los Ángeles (ver figura 13) y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 r.p.m.) hasta completar 500 revoluciones. La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, empleando un tamiz de abertura mayor al de 1.70 mm (No.12). La fracción fina que pasa, se

tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No.12), utilizando el procedimiento de la norma INV E – 213. El material más grueso que la abertura del tamiz de 1.70 mm (No.12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura comprendida entre  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$ °F), hasta masa constante, y se determina la masa con precisión de 1 g.

**Figura 13.** Máquina del ensayo de abrasión Los Ángeles



**Fuente:** I.N.V.E-218-07

El resultado del ensayo es la diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra ensayada, expresada como tanto por ciento de la masa original. El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:

$P_1$  = masa de la muestra seca antes del ensayo, g

$P_2$  = masa de la muestra seca después del ensayo, g

#### 8.4.5.2 Resultados

Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 13, el valor promedio esta del orden del 23,87 %. De acuerdo con las especificaciones exigidas por la normatividad colombiana el material explotado no supera el límite para este parámetro, por lo que satisface las indicaciones para agregados naturales.

**Tabla 13.** Resultados resistencia al desgaste

Muestra	% Desgaste
LH0159-17-01	24,81
LH0159-17-02	22,92

**Fuente:** Autores

#### 8.4.6 Observaciones

De acuerdo a los parámetros estimados en los análisis físicos se puede concluir que el material que está siendo explotado (arena) en la zona de estudio correspondiente a la solicitud de legalización minera LH0159-17 cumple con las especificaciones exigidas por la normatividad colombiana para los agregados que pretendan ser utilizados en la elaboración de concreto y su calidad física es satisfactoria.

## 9. CÁLCULO DE RESERVAS

### 9.1 ASPECTOS TEÓRICOS <sup>20</sup>

**Recursos minerales:** Es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un recurso mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencias y conocimientos geológicos específicos. Los recursos minerales se subdividen, en orden ascendente de la confianza geológica, en categorías de inferidos, indicados y medidos.

**Recurso mineral inferido:** Es aquella parte de un recurso mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de localizaciones como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta.

**Recurso mineral indicado:** Es aquella parte de un recurso mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como pueden ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están demasiado espaciadas o su espaciamiento es inapropiado para confirmar la continuidad geológica y/o de ley, pero está espaciada con suficiente cercanía para que se pueda suponer continuidad.

**Recurso mineral medido:** Es aquella parte de un recurso mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en la exploración detallada e información confiable sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de la ley.

**Reserva minerales:** Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido o indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración de modificaciones por factores razonablemente asumidos de extracción, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran en la fecha en que se reporta que podría justificarse razonablemente la extracción. Las reservas de mena se subdividen en orden creciente de confianza en reservas probables y reservas probadas.

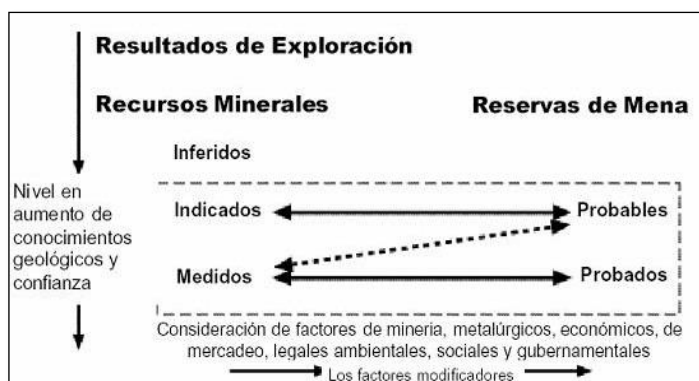
**Reserva probable:** Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral indicado y en algunas circunstancias recurso mineral medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de factores modificadores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran a la fecha en que se presenta el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente.

**Reserva probada:** Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de modificaciones por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran, a la fecha en que se publica el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente. (Ver figura 14).

---

<sup>20</sup> REÁTEGUI ORDOÑEZ, Carlos. Sistemas para determinar recursos y reservas. Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa.

**Figura 14.** Relación general entre recursos y reservas minerales



**Fuente:** Council of Mining and Metallurgical Institutions

## 9.2 LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO

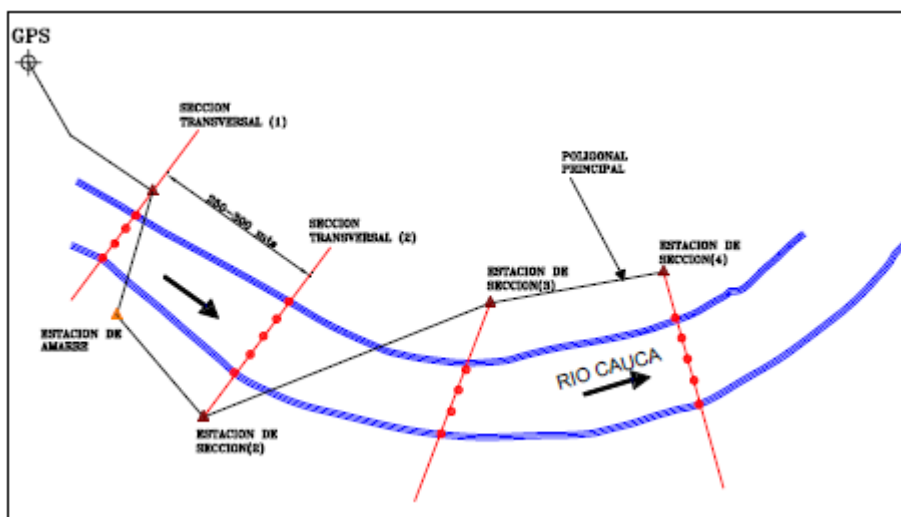
El estudio batimétrico del río Cauca en el tramo que cubre el área de solicitud LH0159-17 se realizó detalladamente, definiendo las coordenadas, las abscisas y las cotas de las secciones transversales levantadas. Estas secciones fueron levantadas con estación total y se amarraron a la poligonal principal, materializando sobre el terreno un punto en el cual se armaba el equipo topográfico y se levantaba la totalidad de la sección transversal.

Para la obtención de datos se utilizó una estación total, prismas y mira laser, para las zonas de difícil acceso se utilizó una estación de rayo infrarrojo. A partir de esta nube de puntos se estableció un eje y se levantaron los respectivos perfiles.

Para el presente estudio se levantaron diecisiete (17) secciones transversales aproximadamente cada 20 m a lo largo del río Cauca y se amarraron mediante una poligonal adyacente al cauce, procurando siempre ubicar el menor número de puntos, con el objeto de minimizar errores por nivelación. Para ello fue necesario llevar una poligonal de amarre en zigzag, pasando de un lado a otro del río sobre las márgenes del cauce (ver figura 15).



**Figura 15.** Poligonal de levantamiento batimétrico por el método manual



**Fuente:** Universidad del Valle

### 9.3 METODOLOGÍA

A partir del trabajo en campo y el procesamiento de la información obtenida se establecieron las reservas totales correspondientes al área de solicitud de legalización minera LH0159-17. Para estos cálculos se tuvo en cuenta la topografía levantada en la zona de estudio y los respectivos perfiles que fueron trazados cada veinte metros. (Ver planos).

Conociendo la topografía y las profundidades máximas de explotación que corresponden a 1.5 m se determinaron las dimensiones para calcular las reservas probadas in situ.

En la tabla 14 se relacionan los perfiles que se encontraron en el área de solicitud de acuerdo con el levantamiento batimétrico realizado en la zona de estudio por el equipo de topografía.

**Tabla 14.** Perfiles y área del levantamiento batimétrico

PERFIL	AREA
1	8.9620
2	8.7130
3	7.9840
4	0.0000
5	25.2580
6	23.6160
7	36.6820
8	7.3760
9	22.6460
10	31.2890
11	5.0190
12	49.4830
13	67.9840
14	54.5750
15	47.7640
16	31.5220
17	54.4430

**Fuente:** Autores

Para el cálculo de las reservas in situ se determinó el volumen correspondiente para cada uno de los perfiles aplicando la siguiente formula:

$$Volumen = \frac{A_i + A_{i+1}}{2} * Distancia$$

Donde:

$A_i$  = Área perfil 1

$A_i$  = Área perfil consecutivo

La distancia en nuestro caso es igual para todos los perfiles, cada veinte metros. La tabla 15 muestra el cálculo de volumen de los perfiles trazados en la zona de estudio.

**Tabla 15.** Cálculo del volumen comprendido entre perfiles

PERFIL	$A_i$	$A_{i+1}$	$(A_i + A_{i+1})$	Distancia (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
			2		
1	8.96	8.71	8.84	20.00	176.75
2	8.71	7.98	8.35	20.00	166.97
3	7.98	0.00	3.99	20.00	79.84
4	0.00	25.26	12.63	20.00	252.58
5	25.26	23.62	24.44	20.00	488.74
6	23.62	36.68	30.15	20.00	602.98
7	36.68	7.38	22.03	20.00	440.58
8	7.38	22.65	15.01	20.00	300.22
9	22.65	31.29	26.97	20.00	539.35
10	31.29	5.02	18.15	20.00	363.08
11	5.02	49.48	27.25	20.00	545.02
12	49.48	67.98	58.73	20.00	1174.67
13	67.98	54.58	61.28	20.00	1225.59
14	54.58	47.76	51.17	20.00	1023.39
15	47.76	31.52	39.64	20.00	792.86
16	31.52	54.44	42.98	20.00	859.65
<b>TOTAL</b>					<b>9032.27</b>

**Fuente:** Autores

Se debe aclarar que para determinar los recursos reales se debe trabajar con el rendimiento del material a explotar, el cual se obtiene del ensayo granulométrico. Para las muestras recolectadas en campo específicamente las arenas se presenta un rendimiento promedio del 74,46 % por lo tanto definimos que:

$$Rendimiento = \frac{A_i + A_{i+1}}{2} * Distancia * 74.46 \%$$

En la tabla 16 se relaciona el rendimiento para cada uno de los perfiles trazados en la zona de estudio.

**Tabla 16.** Cálculo del rendimiento

PERFIL	$A_i$	$A_{i+1}$	$(A_i + A_{i+1})$	Distancia (m)	Rendimiento (m <sup>3</sup> )
			2		
1	8.96	8.71	8.84	20.00	131.60
2	8.71	7.98	8.35	20.00	124.32
3	7.98	0.00	3.99	20.00	59.44
4	0.00	25.26	12.63	20.00	188.07
5	25.26	23.62	24.44	20.00	363.91
6	23.62	36.68	30.15	20.00	448.97
7	36.68	7.38	22.03	20.00	328.05
8	7.38	22.65	15.01	20.00	223.54
9	22.65	31.29	26.97	20.00	401.60
10	31.29	5.02	18.15	20.00	270.34
11	5.02	49.48	27.25	20.00	405.82
12	49.48	67.98	58.73	20.00	874.65
13	67.98	54.58	61.28	20.00	912.57
14	54.58	47.76	51.17	20.00	762.01
15	47.76	31.52	39.64	20.00	590.36
16	31.52	54.44	42.98	20.00	640.09
<b>TOTAL</b>					6725.42

**Fuente:** Autores

Para definir el tipo de cálculo numérico utilizado en la cuantificación de la sedimentación en el área correspondiente a la solicitud es necesario tener en cuenta los mecanismos de transporte presentes en el río Cauca, condiciones de energía de flujo de agua y el tipo de materiales presentes en la solicitud.

Es importante definir las condiciones en las que se encuentra el río Cauca al atravesar la zona de explotación de la solicitud ya que el comportamiento que presente el río tendrá una influencia directa en la velocidad de recuperación de las reservas explotables y en el tipo de material que se depositaran en el mismo.

### 9.3.1 Energía del río Cauca

A lo largo del río Cauca, específicamente en la zona de solicitud LH0159-17 se presenta un flujo de agua con un nivel de energía alto y una gran capacidad de arrastre de material, esto se debe principalmente al gran caudal que fluye en el río

y a la velocidad que adquiere el flujo de agua producto de la pendiente pronunciada por la cual discurre. Las condiciones del cauce y el volumen de agua explicada anteriormente permiten el transporte de partículas de diversos tamaños incluidas partículas de gran tamaño (arena).

### **9.3.2 Mecanismos de transporte y sedimentación**

Para el cálculo de sedimentación en el área de la solicitud se implementaron fórmulas matemáticas en las que el tipo de transporte y sedimentación tienen influencia en la ecuación a ser utilizada, debido a que el mecanismo de transporte afecta la morfología de los materiales depositados y la selección de los que se depositan en la zona de estudio.

El río Cauca al ser un afluente de gran proporción maneja caudales y volúmenes de agua considerables lo cual permite que se presenten mecanismos de transporte capaces de arrastrar bloques de gran tamaño por saltación y partículas finas por mecanismo de suspensión, también permite sedimentación de grandes volúmenes de material de arrastre sobre el área perteneciente a la solicitud.

### **9.3.3 Tipo de materiales presentes**

El área circundante a la solicitud tiene varias unidades litológicas como las Formación Amagá y Combia, Rocas hipoabisales porfiríticas que son atravesadas por las quebradas que confluyen en el río Cauca el cual a su vez fluye por una sección del área de la solicitud con lo cual todas estas unidades litológicas aportan material de diferentes composiciones y granulometría a la solicitud desde arenas hasta conglomerados al área a explotar por la solicitud.

Todos estos aspectos son tenidos en cuenta para tener una buena implementación de las fórmulas matemáticas que estimen la sedimentación en el área de la solicitud.

### 9.3.4 Cálculo de sedimentación <sup>21</sup>

La ecuación de descarga sólida por transporte de fondo ( $S_b$ ) es fundamental en el cálculo de la sedimentación ya que el tipo de material arrastrado por este mecanismo evidencia el comportamiento de sedimentación en el área de la solicitud, el método de transporte es por saltación de partículas, arrastrando gravas y arenas.

$$S_b = 13,165 * Q^{0,443}$$

Donde:

$Q$  = Caudal promedio del río

La tabla 17 relaciona el resultado de descarga sólida por transporte de fondo ( $S_b$ ) estimada para el área de estudio.

**Tabla 17.** Valor de la descarga sólida por transporte de fondo ( $S_b$ )

	Ton/Día	kg/s
$S_b$	245,33	2,84

**Fuente:** Autores

La correlación de esta fórmula es obtenida gracias a que las condiciones hidráulicas, granulométricas y sedimentológicas del estudio del cual se obtiene la referencia; presenta condiciones muy similares a las características en el área de estudio.

Analizando los datos de caudales se determinó que el caudal promedio está del orden de los 900 m<sup>3</sup>/s.

---

<sup>21</sup> RAMIREZ, Carlos. Modelación del Río Cauca. Cali. 2008. Universidad del Valle. Departamento de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente.

En la tabla 18 se muestran los respectivos resultados de rendimiento a diferentes tiempos.

**Tabla 18.** Valores transporte de fondo por acción del río Cauca

Tiempo	(Kg)	(Ton)	(m <sup>3</sup> )	Rd (m <sup>3</sup> )
<b>Año</b>	89544312.62	89544.31	70049.52	52158.87
<b>Mes</b>	7359806.52	7359.80	5757.49	4287.03
<b>Día</b>	245326.88	245.33	191.91	142.90
<b>Hora</b>	10221.95	10.22	7.99	5.95
<b>Minuto</b>	170.37	0.17	0.13	0.09
<b>Segundo</b>	2.84	0.002	0.002	0.001

**Fuente:** Autores

Con la implementación de las fórmulas de arrastre y haciendo un análisis de los resultados se pudo estimar la capacidad de arrastre de sedimentos del río Cauca el cual genera una recarga anual de 70049.52 m<sup>3</sup>.

De acuerdo con la tabla 17 se puede concluir que de acuerdo al rendimiento del transporte, el cual presenta un valor promedio de 74,46 % se generan 52158,87 m<sup>3</sup> de material de arrastre (arena) al año.



## 10. CONCLUSIONES

Geológicamente el área de estudio se encuentra enmarcada principalmente por rocas sedimentarias y en menor proporción por rocas ígneas que desde la más reciente a la más antigua la constituyen las formaciones Amagá Miembro Medio (Pgam), Amagá Miembro Superior (Ngas), Combia (Ngc), Rocas Hipoabisales Porfíricas (Ngpa) y depósitos cuaternarios de origen aluvial.

Regionalmente el área de la solicitud LH0159-17 se encuentra dentro de la Cordillera Central, la cual se caracteriza por presentar intensos plegamientos, fallamientos, levantamientos e intrusiones batolíticas de gran magnitud lo que hizo difícil aclarar relaciones estructurales y estratigráficas entre algunas unidades de roca aflorantes en la zona de estudio.

A partir del análisis químico realizado a las muestras recolectadas en campo se pudo establecer que los elementos mayores predominantes corresponden al óxido de aluminio y dióxido de silicio valores promedio de 13,23 y 61,73 % respectivamente.

Con base a las relaciones entre elementos mayores se pudo realizar una caracterización composicional del material de arrastre (arena) presente en la zona de estudio.

A partir del Índice de Variabilidad Composicional se estableció que las muestras presentan una madurez composicional intermedia, es decir que el contenido de los tetraedros de  $\text{SiO}_2$  son influyentes en la calidad física del material.

El análisis macroscópico indica que las muestras corresponden a material disgregado con granulometrías variadas desde arenas muy finas hasta tamaños gránulos ( $125\ \mu\text{m}$  – 4 cm) con una relación de granos: arena 30 % y gravas 70 % de bajo grado de meteorización.

El análisis microscópico estableció que el mineral de mayor abundancia es la clorita con un valor promedio de 26,15 %, lo cual indica alteración de minerales como biotita y olivino también presentes en las muestras analizadas.

A partir de análisis físicos como granulometría, peso unitario y resistencia al desgaste se estableció que la arena explotada en la zona de estudio satisface los requerimientos mínimos exigidos por el ICONTEC para la elaboración de concreto.

De acuerdo con los criterios definidos por Langer & Knepper (1995,1997) sobre la calidad física se pudo establecer que la potencialidad del material explotado es satisfactoria.

El rendimiento del transporte con un valor promedio de 74,46 % puedo establecer que se generan 52158,87 m<sup>3</sup> de material de arrastre (arena) al año.

## 11. RECOMENDACIONES

Ampliar el número de muestras recolectadas en campo a fin de complementar la caracterización del material explotado en el área de solicitud LH0159-17 en el municipio de La Merced, Caldas.

Evaluar con mayor detenimiento los resultados del dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) a fin de establecer un posible evento de silicificación post-depositacional en la zona de estudio.

Incluir en los análisis físicos los parámetros faltantes exigidos por el ICONTEC para la elaboración de concreto como: absorción, pérdida por solidez al sulfato de sodio y pérdida por solidez al sulfato de magnesio.

Extender los estudios sobre las relaciones entre elementos mayores a fin de mejorar la caracterización composicional de las rocas presentes en el área de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE LA MERCED. Información General [en línea].  
<[http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.lamerced-caldas.gov.co/informacion_general.shtml)>

CALLE, Bernardo; GONZALEZ, Humberto. Geología y Geoquímica de la plancha 186 Riosucio. Medellín. INGEOMINAS, 1982.

CARVAJAL PERICO, José Henry; TREJO, Gustavo; MOYA B, Harold; LEIVA SUAREZ, Omar. Anexo A - Glosario de unidades y subunidades geomorfológicas. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Bogotá. Servicio Geológico Colombiano, 2012.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS. Plan de Gestión Ambiental Regional para Caldas 2001-2006 [en línea].  
<<http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/329/PGAR%202001-2006%20-%20Parte%201.pdf>>

GONZALEZ, Humberto. Estratigrafía. Memoria Explicativa. Mapa Geológico del Departamento de Caldas. Medellín. INGEOMINAS, 1993. P.59-72.

H.N, Wilson. Química analítica aplicada. Universidad Castilla La Mancha. Departamento de Química Analítica. España.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, rocas y mezclas de suelo-agregado. Bogotá. INVIAS, 2007 (I.N.V.E-122-07).

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos. Bogotá. INVIAS, 2007 (I.N.V.E-213-07).

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm por medio de la máquina de Los Ángeles. Bogotá. INVIAS, 2007 (I.N.V.E-218-07).

MAYA SANCHEZ, Mario. Zonas potenciales para materiales de construcción en los alrededores de Medellín Colombia. Medellín. INGEOMINAS, 2003. p.28.

ORTEGA, P; VELAZCO, M.J; MUÑOZ, V; TOMBA MARTINEZ, A.G. Caracterización química y mineralógica de refractarios. Mar del Plata, Argentina. 2012. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ingeniería. CONICET.

TORRES ROJAS, Héctor Hernando. Estándares de cartografía geológica digital para planchas a escala 1:100.000 y mapas departamentales versión 2. Bogotá. Servicio Geológico Colombiano, 2012.

TORRES, Y; SUAREZ, J; MARTINEZ, R. Estudio del análisis por fluorescencia de rayos X de minerales lateríticos usando perla de fusión. La Habana, Cuba. 2010. Universidad de Holguín. Comité de Investigación de La Laterita.

RAMIREZ, Carlos. Modelación del Rio Cauca. Cali. 2008. Universidad del Valle. Departamento de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente.

REÁTEGUI ORDOÑEZ, Carlos. Sistemas para determinar recursos y reservas. Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa.

WIKIPEDIA. Caldas [en línea]. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Caldas>>

# ANEXOS



## **Anexo 1.**

# **RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO**

**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
Tel: 3768500  
FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
Barranquilla-Colombia

Minerals Services  
Barranquilla  
F490101  
Job No. OL43977E2  
Página 1 de 5

Reporte N°: 1412103368AR

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA  
TUNJA  
AVENIDA NORTE UPTC

## REPORTE DE ANÁLISIS

LOCALIDAD : BARRANQUILLA  
FECHA : OCTUBRE 30, 2014  
PRODUCTO : GRAVA

De acuerdo a instrucciones recibidas de UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA, los siguientes resultados analíticos fueron establecidos por el laboratorio de SGS Colombia S.A. en Barranquilla, según la norma aplicable:

ID Laboratorio: CO1401326.018 Fecha de Recibido: 05/12/2014 Fecha de Análisis: 09/12/2014  
ID Muestra: LH0159-17-01

*ELEM. MAY Y MEN EN CLAY ISO 12677 XRF	Resultado	Método
Óxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.50 %	ISO 12677
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub>	0.21 %	ISO 12677
Óxido de Calcio, CaO	3.84 %	ISO 12677
Óxido de Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.28 %	ISO 12677
Óxido de Magnesio, MgO	4.74 %	ISO 12677
Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O	1.07 %	ISO 12677
Dióxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	65.84 %	ISO 12677
Óxido de Sodio, Na <sub>2</sub> O	3.66 %	ISO 12677

ID Laboratorio: CO1401326.019 Fecha de Recibido: 05/12/2014 Fecha de Análisis: 09/12/2014  
ID Muestra: LH0159-17-02

*ELEM. MAY Y MEN EN CLAY ISO 12677 XRF	Resultado	Método
Óxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.71 %	ISO 12677
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub>	0.86 %	ISO 12677
Óxido de Calcio, CaO	4.15 %	ISO 12677
Óxido de Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.88 %	ISO 12677
Óxido de Magnesio, MgO	7.79 %	ISO 12677
Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O	1.24 %	ISO 12677
Dióxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	60.13 %	ISO 12677
Óxido de Sodio, Na <sub>2</sub> O	3.19 %	ISO 12677

ADVERTENCIA: La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionados por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de dónde ha(n) sido extraída(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus



Autopista al Aeropuerto Km.8  
Tel: 3769500  
FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
Barranquilla-Colombia

Minerals Services  
Barranquilla  
F490101  
Job No. OL43977E2  
Página 2 de 5

Reporte N°: 1412103368AR

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA  
TUNJA  
AVENIDA NORTE UPTC

## REPORTE DE ANÁLISIS

ID Laboratorio: CO1401326.020  
ID Muestra: LH0159-17-03

Fecha de Recibido: 05/12/2014

Fecha de Análisis: 09/12/2014

### \*ELEM. MAY Y MEN EN CLAY ISO 12677 XRF

	Resultado	Método
Óxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.01 %	ISO 12677
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub>	0.38 %	ISO 12677
Óxido de Calcio, CaO	5.67 %	ISO 12677
Óxido de Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.88 %	ISO 12677
Óxido de Magnesio, MgO	10.57 %	ISO 12677
Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O	0.77 %	ISO 12677
Dióxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	59.58 %	ISO 12677
Óxido de Sodio, Na <sub>2</sub> O	2.05 %	ISO 12677

ID Laboratorio: CO1401326.021  
ID Muestra: LH0159-17-04

Fecha de Recibido: 05/12/2014

Fecha de Análisis: 09/12/2014

### \*ELEM. MAY Y MEN EN CLAY ISO 12677 XRF

	Resultado	Método
Óxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.70 %	ISO 12677
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub>	0.21 %	ISO 12677
Óxido de Calcio, CaO	5.28 %	ISO 12677
Óxido de Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.89 %	ISO 12677
Óxido de Magnesio, MgO	7.39 %	ISO 12677
Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O	1.04 %	ISO 12677
Dióxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	61.36 %	ISO 12677
Óxido de Sodio, Na <sub>2</sub> O	2.25 %	ISO 12677

ADVERTENCIA: La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionado(s) por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de dónde ha(n) sido extraído(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.

*[Firma manuscrita]*

## **Anexo 2.**

# **RESULTADOS ANÁLISIS PETROGRÁFICO**

**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
Tel: 3769500  
FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
Barranquilla-Colombia

Reporte N°: 1412113388I

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

Minerals Services  
Barranquilla  
F490101  
Job No. OL43977E2  
Página 1 de 9

## REPORTE DE ANÁLISIS

DATOS DE IDENTIFICACIÓN			
NOMBRE: NEFTALI GALEANO GOMEZ	MUNICIPIO: SUPIA- LA MERCED	VEREDA: LA FELIZA	
TÍTULO MINERO: LEGALIZACIÓN LH0169-17-01	COORDENADAS: E: 1.163.062 N: 1.086.718 A: 732 s.n.m.	MINA: Los Trinchos	
COLECTOR: JOHANA MALAVER ROSAS	LOCALIZACIÓN: Río Cauca E: 1.163.059 N: 1.086.777 A: 732 s.n.m.		
CONTRATO: GGC-169 MME-ANM- UPTC	TIPO DE MUESTREO: MANUAL	FECHA: 23-11-2014	

### ANÁLISIS PETROGRÁFICO (SECCIÓN DELGADA 30)

MUESTRA: LH0169-17-01	Material traído al laboratorio: 2010 gramos
-----------------------	---

1. TEXTURA: Sedimentaria clástica
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES – DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACIÓN
Verde Amarillento Oscuro 10YG 4/4	Material disgregado con granulometrías variadas desde arena muy fina hasta tamaños guijas (125 µm- 16cm). Predominio de tamaños grano y guija. Relación de granos: Arena 10%; gravas 90%	Bajo
OBSERVACIONES: Reacción positiva leve al contacto del HCl		

3. PATRÓN TEXTURAL Y COMPOSICIÓN – DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Y PORCENTAJE		FORMA
CUARZO	12.3%	Anhedral.
PLAGIOCLASA	20.6%	Subhedral, tabular.
OLIVINO	10.3%	Anhedral.
MOSCOVITA	4.5%	Tabular.
BIOTITA	1.5%	Tabular.
OPACOS	2.7%	Anhedral – Subhedral.
HIDROXIDOS DE HIERRO	1.5%	Diseminado
ACTINOLITA-TREMOLITA	7.5%	Euhedral – Subhedral prismático.
EPIDOTA	3.7%	Subhedral – Euhedral.
CLORITA	21.0%	Plumosa.
CALCITA	9.9%	Anhedral y romboédrica.
SERPENTINA	3.5%	Fibrosa.
ZOISITA	1.0%	Anhedral.

### 4. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS

Composición variada incluyendo fragmentos líticos y cristales mono minerales. Los líticos corresponden principalmente a rocas ígneas intrusivas tipo gabros, doleritas y dunitas, ígneas efusivas tipo andesitas, rocas metamórficas tipo esquistos cuarzo moscovítico, esquistos actinolítico - clorítico, cuarcitas y filitas. Los componentes de la roca presentan formas subredondeadas y moderado grado de alteración saussurítica, clorítica y propilitica con impregnación de hidróxidos de hierro. Los opacos están representados por material carbonoso (grafito?) y minerales metálicos.

**ADVERTENCIA:** La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionados por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refieren únicamente y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraída(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la Compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido extraída la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas Condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido



**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
Tel: 3769500  
FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
Barranquilla-Colombia

Reporte N°: 14121133881

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

Minerals Services  
Barranquilla  
F490101  
Job No. OL43977E2  
Página 2 de 9

## REPORTE DE ANÁLISIS



FOTO MACROSCÓPICA

### ANEXO MICROGRÁFICO

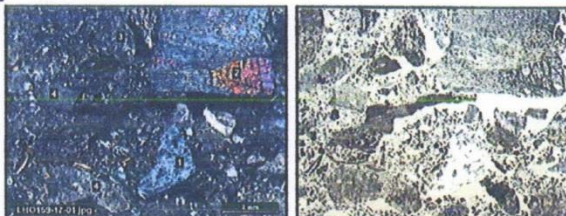


Foto 1 y 2: Panorámica ilustrando presencia de esquistos clorítico (1), dunita cloritizada - serpentinizada (2). Objetivo aire 2.5X.



Foto 3-4: Izq. Detalle de presencia de clorita (penina) (1), plagioclase (2), actinolite - tremolite (3), calcite (4), opacite (5). Der. Olivino (1), clorita (2). Objetivo 20X

### 5. CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA: Material sedimentario de arrastre. NOMBRE: Gravas y arenas.

ADVERTENCIA: La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionado por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraída(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas Condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.



**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
Tel: 3769500  
FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
Barranquilla-Colombia

Reporte N°: 1412113388I

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

Minerals Services  
Barranquilla  
F490101  
Job No. OL43977E2  
Página 3 de 9

## REPORTE DE ANÁLISIS

DATOS DE IDENTIFICACIÓN		
NOMBRE: NEFTALI GALEANO GOMEZ	MUNICIPIO: SUPIA- LA MERCED	VEREDA: LA FELIZA
TÍTULO MINERO: LEGALIZACIÓN LH0159-17-02	COORDENADAS: E: 1.163.059 N: 1.086.777 A: 732 s.n.m.	MINA: Los Trinchos
COLECTOR: JOHANA MALAVER ROSAS	LOCALIZACIÓN: Río Cauca E: 1.163.059 N: 1.086.777 A: 732 s.n.m.	
CONTRATO: GGC-189 MME-ANM- UPTC	TIPO DE MUESTREO: MANUAL	FECHA: 01-12-2014

### ANÁLISIS PETROGRÁFICO (SECCIÓN DELGADA 31)

MUESTRA: LH0306-17-(02)	Material traído al laboratorio: 2680 gramos
-------------------------	---

1. TEXTURA: Sedimentaria clásica
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES – DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACIÓN
Verde amarillento oscuro 10YG 4/4	Material disgregado con granulometrías variadas desde arena muy fina hasta tamaños guijas (125 µm- 10cm). Predomina de tamaños granulo y guija. Relación de granos: Arena 20%; gravas 80%	Bajo
OBSERVACIONES: Reacción negativa al contacto del HCl		

3. PATRON TEXTURAL Y COMPOSICIÓN – DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Y PORCENTAJE		FORMA
CUARZO	18.1%	Anhedral.
PLAGIOCLASA	14.3%	Subhedral, tabular.
OLIVINO	1.9%	Anhedral.
MOSCOVITA	2.8%	Tabular.
BIOTITA	1.0%	Tabular.
OPACOS	1.9%	Anhedral – Subhedral.
HIDROXIDOS DE HIERRO	1.9%	Diseminado
ACTINOLITA-TREMOLITA	8.2%	Euhedral – Subhedral prismático.
EPIDOTA	7.5%	Subhedral – Euhedral.
CLORITA	36.2%	Plumosa.
SERPENTINA	1.0%	Fibrosa.
ZOISITA	3.2%	Anhedral.
ESPINELA	2.0%	Subhedral.
ESFENA	TRAZAS	Euhedral - Subhedral

### 4. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS

Composición variada incluyendo fragmentos líticos y cristales mono minerales. Los líticos corresponden principalmente a Rocas metamórficas tipo esquistos cloríticos, esquistos cuarzo moscovítico, esquistos actinolítico - clorítico, cuarcitas y filitas. Rocas ígneas intrusivas tipo doleritas y dunitas. Ígneas efusivas tipo balastos, andesitas y rocas piroclásticas tipo toba lítica. Los componentes de la roca presentan formas subredondeadas y moderado grado de alteración sericitica, clorítica y serpentinitica en dunitas con impregnación de hidróxidos de hierro. Los opacos están representados por material carbonoso (grafito?) y minerales metálicos.

ADVERTENCIA: La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionado por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraída(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.

**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
 Tel: 3769500  
 FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
 Barranquilla-Colombia

Minerals Services  
 Barranquilla  
 F490101  
 Job No. OL43977E2  
 Página 4 de 9

Reporte N°: 1412113388I

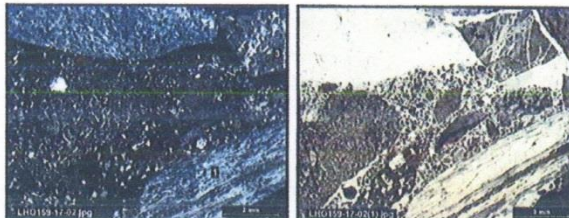
Para: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

## REPORTE DE ANÁLISIS

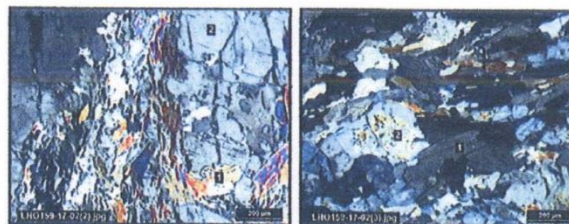


FOTO MACROSCÓPICA

### ANEXO MICROGRÁFICO



**Foto 1 y 2:** Panorámica ilustrando presencia de esquistos clorítico (1), dolerita (2), basalto diclasado soldado con clorita (3), roca efusiva tipo basalto (4). Der. Nicotinos paralelos. Objetivo aire 2.5X.



**Foto 3 y 4:** Izq. Detalle de presencia de esquistos con actinolita - tremolita (1), zoisita (2). Der. Clorita (1), epidola (2). Objetivo 20X.

### 5. CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA: Material sedimentario de arrastre. NOMBRE: Gravas y arenas.

**ADVERTENCIA:** La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionados por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dichas muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraída(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.





Autopista al Aeropuerto Km.8  
Tel: 3769500  
FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
Barranquilla-Colombia

Minerals Services  
Barranquilla  
F490101  
Job No. OL43977E2  
Página 5 de 9

Reporte N°: 14121133881

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

## REPORTE DE ANÁLISIS

DATOS DE IDENTIFICACIÓN		
NOMBRE: NEFTALI GALEANO GOMEZ	MUNICIPIO: SUPIA- LA MERCED	VEREDA: LA FELIZA
TÍTULO MINERO: LEGALIZACIÓN LH0159-17-03	COORDENADAS: E: 1.163.074 N: 1.086.836 A: 732 s.n.m.	MINA: Los Trinchos
COLECTOR: JOHANA MALAVER ROSAS	LOCALIZACIÓN: Río Cauca E: 1.163.059 N: 1.086.777 A: 732 s.n.m.	
CONTRATO: GGC-189 MME-ANM- UPTC	TIPO DE MUESTREO: MANUAL	FECHA: 01-12-2014

### ANÁLISIS PETROGRÁFICO (SECCIÓN DELGADA 32)

MUESTRA: LH-159-17-03	Material trido al laboratorio: 2620 gramos
-----------------------	--

- TEXTURA: Sedimentaria clástica
- CARACTERÍSTICAS GENERALES - DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACIÓN
Verde amarillento oscuro 10YG 4/4	Material disgregado con granulometrías variadas desde arena muy fina hasta tamaños gránulos (125 µm- 4cm). Predominio de tamaños gránulo. Relación de granos: Arena 30% - gravas 70%	Bajo
OBSERVACIONES: Reacción positiva al contacto del HCl		

- PATRÓN TEXTURAL Y COMPOSICIÓN - DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Y PORCENTAJE		FORMA
CUARZO	12.5 %	Anhedral.
PLAGIOCLASA	16.8%	Subhedral, tabular.
MOSCOVITA	5.5%	Tabular.
BIOTITA	0.5%	Tabular.
OPACOS	3%	Anhedral - Subhedral.
HIDROXIDOS DE HIERRO	6.2%	Diseminado
ACTINOLITA-TREMOLITA	10.5%	Euhedral - Subhedral prismático.
EPIDOTA	7.1%	Subhedral - Euhedral.
CLORITA	25.4%	Plumosa.
ZOISITA	3.0%	Anhedral.
CALCITA	9.5%	Anhedral.

### 4. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS

Composición variada incluyendo fragmentos líticos y cristales mono minerales. Los líticos corresponden principalmente a Rocas metamórficas tipo filitas, esquistos cloríticos, esquistos actinolítico - clorítico, esquistos calcáreos. Rocas ígneas intrusivas tipo doleritas. Ígneas efusivas tipo balastos, andesitas y rocas piroclásticas tipo toba lítica. Rocas sedimentarias tipo arcosas y areniscas feldespáticas de grano fino a muy fino. Los componentes de la roca presentan formas subredondeadas y moderado grado de alteración clorítica- sericitica, con impregnación de hidróxidos de hierro. Los opacos están representados por material carbonoso (grafito?) y minerales metálicos.

**ADVERTENCIA:** La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionado por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraído(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente al certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.

**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
 Tel: 3769500  
 FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
 Barranquilla-Colombia

Reporte N°: 14121133881

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

Minerals Services  
 Barranquilla  
 F490101  
 Job No. OL43977E2  
 Página 6 de 9

## REPORTE DE ANÁLISIS



FOTO MACROSCÓPICA

### ANEXO MICROGRÁFICO

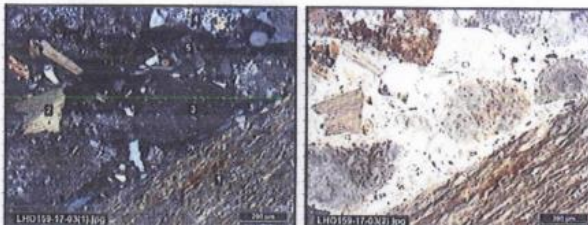


Foto 1 y 2: Detalle ilustrando presencia físta(1), actinolita (2), basalto (3), epidota (4), plagioclasa (5), Nícoles cruzados. Der. Objetivo aire 2.5X. Nícoles paralelos.

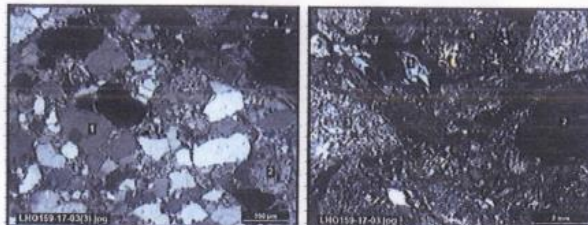


Foto 3 y 4: Izq. Detalle de roca sedimentaria clástica, arenisca feldespática, con presencia de cuarzo (1), plagioclasa (2) Objetivo 20X. Der. Panorámica ilustrando relación de componentes. Esquisto clorítico (1), filita carbonosa (2), arcosa (3), basalto (4). Objetivo 2.5X.

### 5. CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA: Material sedimentario de arrastre.

NOMBRE: Arenas mixtas.

**ADVERTENCIA:** La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionados por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de dónde ha(n) sido extraída(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.

**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
Tel: 3769500  
FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
Barranquilla-Colombia

Minerals Services  
Barranquilla  
F490101  
Job No. OL43977E2  
Página 7 de 9

Reporte N°: 14121133881

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

## REPORTE DE ANÁLISIS

DATOS DE IDENTIFICACIÓN		
NOMBRE: NEFTALI GALEANO GOMEZ	MUNICIPIO: SUPIA- LA MERCED	VEREDA: LA FELIZA
TÍTULO MINERO: LEGALIZACIÓN LH0159-17-04	COORDENADAS E: 1.163.168 N: 1.086.914 A: 732 s.n.m.	MINA: Los Trinchos
COLECTOR: JOHANA MALAVER ROSAS	LOCALIZACIÓN: Río Cauca E: 1.163.059 N: 1.086.777 A: 732 s.n.m.	
CONTRATO: GGC-189 MME-ANM- UPTC	TIPO DE MUESTREO: MANUAL	FECHA: 01-12-2014

### ANÁLISIS PETROGRÁFICO (SECCIÓN DELGADA 33)

MUESTRA: LH0159-17-04	Materiał traido al laboratorio: 1030 gramos
-----------------------	---

- TEXTURA: Sedimentaria clástica
- CARACTERÍSTICAS GENERALES -- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACIÓN
Verde amarillento pálido 5YG 5/2	Material disgregado con granulometrías variadas desde arena muy fina hasta tamaños guijas (125 µm- 10cm). Predominio de tamaños grano y guija. Relación de granos: Arena 25% : gravas 75%	Bajo
OBSERVACIONES: Reacción leve al contacto del HCl		

- PATRÓN TEXTURAL Y COMPOSICIÓN -- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Y PORCENTAJE	FORMA
CUARZO	21.5 % Anhedral.
PLAGIOCLASA	17.3% Subhedral, tabular.
MOSCOVITA	4.2% Tabular.
BIOTITA	1.5% Tabular.
OPACOS	3% Anhedral -- Subhedral.
HIDROXIDOS DE HIERRO	5.6% Diseminado
ACTINOLITA-TREMOLITA	13.5% Euhedral -- Subhedral prismático.
EPIDOTA	5.5% Subhedral -- Euhedral.
CLORITA	22.0% Plumosa.
ZOISITA	3.0% Anhedral.
CALCITA	3.0% Anhedral.

### 4. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS

Composición variada incluyendo fragmentos líticos y cristales mono minerales. Los líticos corresponden principalmente a Rocas metamórficas tipo esquistos cloríticos, filitas, esquistos actinolítico -- clorítico, cuarcita. Igneas efusivas tipo andesitas, balastos. Rocas ígneas intrusivas tipo doleritas y rocas sedimentarias clásticas tipo arenisca feldespática y arcosas. Los componentes de la roca presentan formas subredondeadas y moderado grado de alteración clorítica-sericitica, con impregnación de hidróxidos de hierro. Los opacos están representados por material carbonoso (grafito?) y minerales metálicos.

**ADVERTENCIA:** La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionado por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraído(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en: <[http://www.sgs.com/batams\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/batams_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas Condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus legítimos intereses.



**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
 Tel: 3769500  
 FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
 Barranquilla-Colombia

Reporte N°: 1412113388I

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

Minerals Services  
 Barranquilla  
 F490101  
 Job No. OL43977E2  
 Página 8 de 9

## REPORTE DE ANÁLISIS

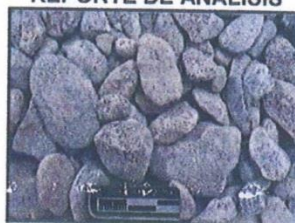


FOTO MACROSCÓPICA

### ANEXO MICROGRÁFICO

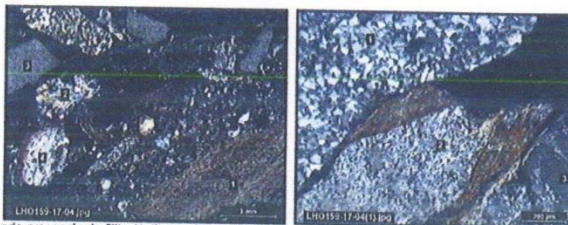


Foto 1 y 2: Izq. Panorámica ilustrando presencia de filita (1,4), esquistos actinolita - tremolita (2), basalto (3). Objetivo aire 2.5X. Der. Detalle cuarcita (1), filita (2), plagioclasa sericitizandoc (3). Objetivo aire 20X.



Foto 3 y 4: Izq. Detalle de presencia cuarzo arenita (1), biotita (2), basalto epidotizado (3), cuarzo (4), epidota (5), nicoles cruzados. Der. Nicoles paralelos. Objetivo 20X.

### 5. CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA: Material sedimentario de arrastre. NOMBRE: Gravas y Arenas.

ADVERTENCIA: Le(s) muestr(a) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionados por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestr(a) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestr(a). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de dónde ha(n) sido extraída(s) la(s) muestr(a). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presente el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime.



**SGS**

Autopista al Aeropuerto Km.8  
 Tel: 3769500  
 FAX: 3769503 - 3762071 A.A. 3505  
 Barranquilla-Colombia

Reporte N°: 1412113388I

Para: UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

Minerals Services  
 Barranquilla  
 F490101  
 Job No. OL43977E2  
 Página 9 de 9

## REPORTE DE ANÁLISIS

Barranquilla, Colombia  
 DICIEMBRE 11, 2014

*Juan E. Díaz*  
 SGS COLOMBIA S.A.





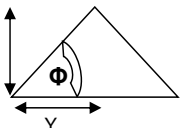




**ADVERTENCIA:** La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionados por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraída(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contendrán la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.




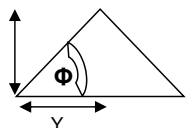

Este documento se emite por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, a las que se puede acceder en <[http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm)>. La responsabilidad de SGS queda limitada en los términos establecidos en las citadas condiciones Generales que resultan de aplicación a la prestación de sus servicios.

Se advierte al poseedor de este documento que la información en él recogida refleja los resultados obtenidos por la Compañía en el momento de su intervención, habiendo sido llevada a cabo exclusivamente dentro de los límites establecidos tanto en el contrato como en las Condiciones Generales de Servicio. La compañía responde únicamente frente a su cliente, sin que pueda derivarse responsabilidad de ningún tipo de SGS frente a terceros ante los que se presenta el certificado o reporte derivado de su intervención. El presente documento no podrá ser alterado ni modificado, ni en su contenido ni en su apariencia. En caso de modificación del mismo, SGS se reserva las acciones legales que estime oportunas para la defensa de sus logotipos e intelectuales.

## **Anexo 3.**

# **RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOS**

<b>MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO</b> <b>PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS</b> <b>PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS</b> <b>INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN</b>				 																																				
Código: A-GL-ED1-F03		Versión: 03		Página 1 de 2																																				
<b>INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS</b> <b>FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS</b>																																								
<b>ANGULO DE REPOSO</b>																																								
DATOS DE IDENTIFICACIÓN																																								
NOMBRE:	Neftalí Gómez			MUNICIPIO:	La Merced - Caldas (Rio Cauca)																																			
COLECTOR:	Moisés Correa - Johana Malaver			FECHA:	12/11/2014																																			
TELÉFONO:	X	FAX:	X	E-MAIL:	X																																			
ID MUESTRA:	LH0159-17-01			COORDENADAS:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>E</td> <td>1.163.062</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>1.086.718</td> </tr> </table>	E	1.163.062	N	1.086.718																															
E	1.163.062																																							
N	1.086.718																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Muestra</th> <th>Tamiz #</th> <th>X (cm)</th> <th>Y (cm)</th> <th>tang θ</th> <th>Angulo Reposo °</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center;">GRAVAS</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">LH0159-17-01</td> <td># 4</td> <td>8,2000</td> <td>3,5000</td> <td>0,40342</td> <td>23,1142</td> </tr> <tr> <td># 10</td> <td>9,7000</td> <td>5,3000</td> <td>0,50007</td> <td>28,6518</td> </tr> <tr> <td># 20</td> <td>8,4000</td> <td>3,9000</td> <td>0,43467</td> <td>24,9048</td> </tr> <tr> <td># 40</td> <td>8,7000</td> <td>5,3000</td> <td>0,54715</td> <td>31,3496</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>27,0051</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;">     </div>						Descripción	Muestra	Tamiz #	X (cm)	Y (cm)	tang θ	Angulo Reposo °	GRAVAS	LH0159-17-01	# 4	8,2000	3,5000	0,40342	23,1142	# 10	9,7000	5,3000	0,50007	28,6518	# 20	8,4000	3,9000	0,43467	24,9048	# 40	8,7000	5,3000	0,54715	31,3496						27,0051
Descripción	Muestra	Tamiz #	X (cm)	Y (cm)	tang θ	Angulo Reposo °																																		
GRAVAS	LH0159-17-01	# 4	8,2000	3,5000	0,40342	23,1142																																		
		# 10	9,7000	5,3000	0,50007	28,6518																																		
		# 20	8,4000	3,9000	0,43467	24,9048																																		
		# 40	8,7000	5,3000	0,54715	31,3496																																		
							27,0051																																	
OBSERVACIONES:																																								
Realizó: Rafael Pérez Espitia Coordinador de Laboratorio																																								
Calle 4 Sur No. 15- 133, Tels: 7723537/18 – 7705450 – 7707721, Exts: 2634 – 2635, Email: irme@uptc.edu.co																																								

<b>MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO</b> <b>PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS</b> <b>PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS</b> <b>INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN</b>						 Sistema Integrado de Gestión Académico-administrativo																																			
Código: A-GL-E01-F03		Versión: 03		Página 2 de 2																																					
<b>INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS</b> <b>FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS</b>																																									
<b>ANGULO DE REPOSO</b>																																									
<b>DATOS DE IDENTIFICACIÓN</b>																																									
NOMBRE:	Neftalí Gómez			MUNICIPIO:	La Merced - Caldas (Río Cauca)																																				
COLECTOR:	Fabián Beltrán			FECHA:	12/11/2014																																				
TELÉFONO:	X	FAX:	X	E-MAIL:	X																																				
ID MUESTRA:	LH0159-17-02			COORDENADAS:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>E</td> <td>1.163.059</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>1.086.777</td> </tr> </table>	E	1.163.059	N	1.086.777																																
E	1.163.059																																								
N	1.086.777																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Muestra</th> <th>Tamiz #</th> <th>X (cm)</th> <th>Y (cm)</th> <th>tang θ</th> <th>Angulo Reposo °</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">GRAVAS</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">0</td> <td># 40</td> <td>7,1000</td> <td>3,9000</td> <td>0,50230</td> <td>28,7798</td> </tr> <tr> <td># 60</td> <td>7,7000</td> <td>4,3000</td> <td>0,50930</td> <td>29,1808</td> </tr> <tr> <td># 100</td> <td>8,3000</td> <td>4,3000</td> <td>0,47800</td> <td>27,3874</td> </tr> <tr> <td># 200</td> <td>9,2000</td> <td>4,6000</td> <td>0,46365</td> <td>26,5651</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td></td> <td>27,9783</td> </tr> </tbody> </table>						Descripción	Muestra	Tamiz #	X (cm)	Y (cm)	tang θ	Angulo Reposo °	GRAVAS	0	# 40	7,1000	3,9000	0,50230	28,7798	# 60	7,7000	4,3000	0,50930	29,1808	# 100	8,3000	4,3000	0,47800	27,3874	# 200	9,2000	4,6000	0,46365	26,5651							27,9783
Descripción	Muestra	Tamiz #	X (cm)	Y (cm)	tang θ	Angulo Reposo °																																			
GRAVAS	0	# 40	7,1000	3,9000	0,50230	28,7798																																			
		# 60	7,7000	4,3000	0,50930	29,1808																																			
		# 100	8,3000	4,3000	0,47800	27,3874																																			
		# 200	9,2000	4,6000	0,46365	26,5651																																			
						27,9783																																			
																																									
																																									
OBSERVACIONES:																																									
Realizó: Rafael Pérez Espitia Coordinador de Laboratorio																																									
Calle 4 Sur No. 15- 133, Tels: 7723537/18 – 7705450 – 7707721, Exts: 2634 – 2635, Email: irme@uptc.edu.co																																									

MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO  
PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS  
PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS  
INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION



Código: A-GL-E01-F03

Versión: 03

Página 1 de 2

INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGETICOS

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

*L.S.R.*

GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS - (I.N.V.E - 213)

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

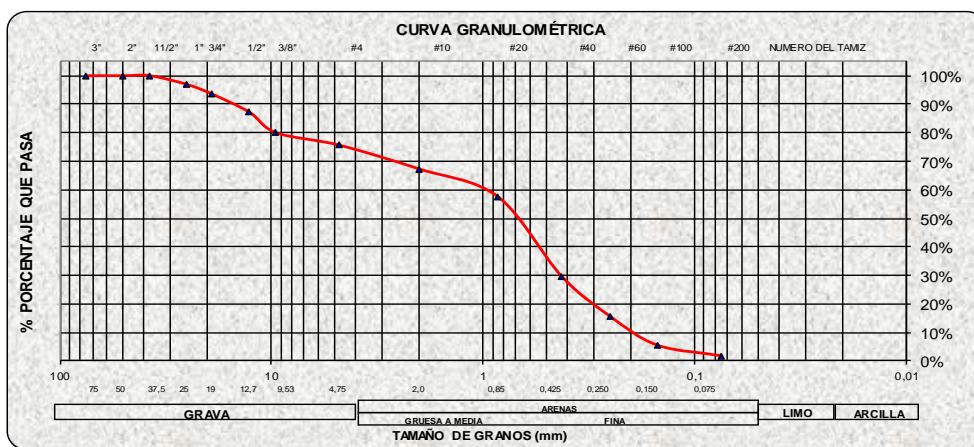
NOMBRE:	Neftalí Gómez			MUNICIPIO:	La Merced - Caldas (Rio Cauca)
COLECTOR:	Moisés Correa - Johana Malaver			FECHA:	12/11/2014
TELÉFONO:	X	FAX:	X	E-MAIL:	X
ID MUESTRA:	LH0159-17-01			COORDENADAS:	E 1.163.062 N 1.086.718

Peso de la muestra seca + recipiente (gr):	4388,00
Peso del recipiente (gr):	116,0
Peso de la muestra seca Ws (gr):	4272,000

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum.	% QUE PASA
3"	75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	132,700	3,106%	3,106%	96,894%
3/4 "	19	144,700	3,387%	6,493%	93,507%
1/2 "	12,7	269,700	6,313%	12,807%	87,193%
3/8 "	9,5	307,000	7,186%	19,993%	80,007%
4	4,75	187,900	4,398%	24,391%	75,609%
10	2	354,900	8,308%	32,699%	67,301%
20	0,85	413,600	9,682%	42,381%	57,619%
40	0,425	1190,500	27,868%	70,248%	29,752%
60	0,25	603,600	14,129%	84,377%	15,623%
100	0,15	429,800	10,061%	94,438%	5,562%
200	0,075	159,700	3,738%	98,176%	1,824%
Fondo	5,336	77,900	1,824%	100,0%	0,000%
TOTAL		4272,000	100,000%		



D10	0,200
D30	0,425
D60	0,950
C <sub>c</sub>	0,951
C <sub>u</sub>	4,75
Clasificación U.S.C.S	SP



OBSERVACIONES:

Realizó: Rafael Pérez Espitia  
Coordinador de Laboratorio

MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO  
PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS  
PROCEDIMIENTO: EMISION DE RESULTADOS  
INFORME DE EMISION DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSION



Código: A-GL-ED1-F03

Versión: 03

Página 1 de 2

INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGETICOS

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

*L.S.R.*

GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS - (I.N.V.E - 213)

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

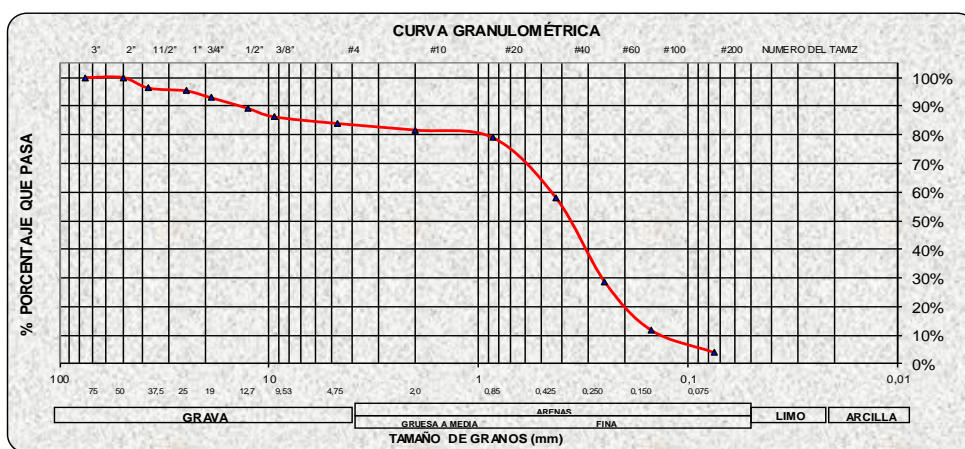
NOMBRE:	Neftalí Gómez			MUNICIPIO:	La Merced - Caldas (Rio Cauca)
COLECTOR:	Fabían Beltrán			FECHA:	12/11/2014
TELÉFONO:	X	FAX:	X	E-MAIL:	X
ID MUESTRA:	LH0159-17-02			COORDENADAS:	E 1.163.059 N 1.086.777

Peso de la muestra seca + recipiente (gr):	3680,80
Peso del recipiente (gr):	116,0
Peso de la muestra seca Ws (gr):	3564,800

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum.	% QUE PASA
3"	75	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0,000	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	132,500	3,717%	3,717%	96,283%
1"	25	32,800	0,920%	4,637%	95,363%
3/4 "	19	85,400	2,396%	7,033%	92,967%
1/2 "	12,7	131,400	3,686%	10,719%	89,281%
3/8 "	9,5	106,800	2,996%	13,715%	86,285%
4	4,75	83,200	2,334%	16,049%	83,951%
10	2	82,500	2,314%	18,363%	81,637%
20	0,85	97,100	2,724%	21,087%	78,913%
40	0,425	752,300	21,104%	42,190%	57,810%
60	0,25	1038,600	29,135%	71,325%	28,675%
100	0,15	603,300	16,924%	88,249%	11,751%
200	0,075	278,900	7,824%	96,073%	3,927%
Fondo	8,014	140,000	3,927%	100,0%	0,000%
TOTAL		3564,800	100,000%		



D10	0,165
D30	0,275
D60	0,450
C <sub>c</sub>	1,019
C <sub>u</sub>	2,73
Clasificación U.S.C.S	SP



OBSERVACIONES:

Realizó: Rafael Pérez Espitia  
Coordinador de Laboratorio

<b>MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO</b> <b>PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS</b> <b>PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS</b> <b>INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN</b>						 Sistema Integrado de Gestión Académico-administrativo			
Código: A-GL-ED1-F03			Versión: 03			Página 1 de 2			
<b>INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS</b> <b>FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS</b>									
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>									
<b>DATOS DE IDENTIFICACIÓN</b>									
NOMBRE:		Neftalí Gómez				MUNICIPIO:		La Merced - Caldas (Rio Cauca)	
COLECTOR:		Moisés Correa - Johana Malaver				FECHA:		12/11/2014	
TELÉFONO:		X		FAX:		X		E-MAIL:	
ID MUESTRA:		LH0159-17-01				COORDENADAS:		E 1.163.062 N 1.086.718	

Características físicas de las muestras		
	Muestra No 1	Muestra No 2
Numero del recipiente seco	3	158
Masa del recipiente seco (gr) :	9,3	7,8
Masa de la muestra con su humedad natural + masa del recipiente seco (gr) :	111	63,3
Masa de la muestra seca + masa del recipiente seco (gr) :	93,2	53,5

Cálculos		
	Muestra No 1	Muestra No 2
Masa Húmeda (gr) :	17,8	9,8
Masa seca (gr) :	83,9	45,7
Humedad W %	21,216%	21,444%
Humedad promedio (%)	21,330	



OBSERVACIONES:

Realizó: Rafael Pérez Espitia  
Coordinador de Laboratorio

Calle 4 Sur No. 15- 133, Tels: 7723537/18 – 7705450 – 7707721, Exts: 2634 – 2635, Email: lrme@uptc.edu.co



MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN				 Sistema Integral de Gestión Académica-administrativa	 CORPOCALDAS
Código: A-GL-E01-F03		Versión: 03		Página 1 de 2	
INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS					
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO					
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
DATOS DE IDENTIFICACIÓN					
NOMBRE:	Neftalí Gómez			MUNICIPIO:	La Merced - Caldas (Rio Cauca)
COLECTOR:	Fabían Beltrán			FECHA:	12/11/2014
TELÉFONO:	X	FAX:	X	E-MAIL:	X
ID MUESTRA:	LH0159-17-02			COORDENADAS:	E 1.163.059 N 1.086.777
Características físicas de las muestras					
				Muestra No 1	Muestra No 2
Número del recipiente seco				U86	47
Masa del recipiente seco (gr) :				5,6	7,9
Masa de la muestra con su humedad natural + masa del recipiente seco (gr) :				87,8	89,3
Masa de la muestra seca + masa del recipiente seco (gr) :				77,3	78,7
Cálculos					
				Muestra No 1	Muestra No 2
Masa Húmeda (gr) :				10,5	10,6
Masa seca (gr) :				71,7	70,8
Humedad W %				14,644%	14,972%
Humedad promedio (%)				14,808	
					
OBSERVACIONES:					
Realizó: Rafael Pérez Espitia Coordinador de Laboratorio					
Calle 4 Sur No. 15- 133, Tels: 7723537/18 – 7705450 – 7707721, Exts: 2634 – 2635, Email: irme@uptc.edu.co					

MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO			
PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS			
PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS			
INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN			
Código: A-GL-E01-F03	Versión: 03	Página 1 de 2	
INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS			
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO			
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS			
<b>PESO UNITARIO</b>			
DATOS DE IDENTIFICACIÓN			
NOMBRE:	Neftalí Gómez		MUNICIPIO:
COLECTOR:	Moisés Correa - Johana Malaver		FECHA:
TELÉFONO:	X	FAX:	X
ID MUESTRA:	LH0159-17-01		E-MAIL:
		COORDENADAS:	
		E	1.163.062
		N	1.086.718

Características físicas de las muestras
---

	<b>Muestra No 1</b>
NUMERO DEL RECIPIENTE:	1
MASA DEL RECIPIENTE SECO (gr) :	4,600
DIAMETRO RECIPIENTE (cm)	3,500
ALTURA RECIPIENTE (cm) :	5,000
MASA DE LA MUESTRA SECA + MASA DEL RECIPIENTE SECO (gr) :	65,700
AREA DEL RECIPIENTE (cm <sup>2</sup> ) :	9,62115
VOLUMEN RECIPIENTE (cm <sup>3</sup> ) :	48,10575


  

Cálculos
----------

	<b>Muestra No 1</b>
MASA SECA (gr) :	61,100
PESO UNITARIO TOTAL (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1,270





  

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Realizó: Rafael Pérez Espitia  
Coordinador de Laboratorio

Calle 4 Sur No. 15- 133, Tels: 7723 537/18 – 7705450 – 7707721, Exts: 2634 – 2635, Email: irme@uptc.edu.co

<b>MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO</b> <b>PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS</b> <b>PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS</b> <b>INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN</b>				 Sistema Integrado de Gestión Académico-administrativa	
Código: A-GL-ED1-F03		Versión: 03		Página 2 de 2	
<b>INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS</b> <b>FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS</b>					
<b>PESO UNITARIO</b>					
DATOS DE IDENTIFICACIÓN					
NOMBRE:	Nefalí Gómez			MUNICIPIO:	La Merced - Caldas (Rio Cauca)
COLECTOR:	Fabián Beltrán			FECHA:	12/11/2014
TELÉFONO:	X	FAX:	X	E-MAIL:	X
ID MUESTRA:	LH0159-17-02			COORDENADAS:	E 1.163.059 N 1.086.777


  

Características físicas de las muestras	
	<b>Muestra No 1</b>
NUMERO DEL RECIPIENTE:	2
MASA DEL RECIPIENTE SECO (gr) :	4,700
DIAMETRO RECIPIENTE (cm)	3,500
ALTURA RECIPIENTE (cm) :	5,000
MASA DE LA MUESTRA SECA + MASA DEL RECIPIENTE SECO (gr) :	68,300
AREA DEL RECIPIENTE (cm²) :	9,62115
VOLUMEN RECIPIENTE (cm³) :	48,10575

Cálculos	
	<b>Muestra No 1</b>
MASA SECA (gr):	63,600
PESO UNITARIO TOTAL (gr/cm³):	1,322



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Realizó: Rafael Pérez Espitia  
Coordinador de Laboratorio

Calle 4 Sur No. 15- 133, Tels: 7723537/18 – 7705450 – 7707721, Exts: 2634 – 2635, Email: irme@uptc.edu.co


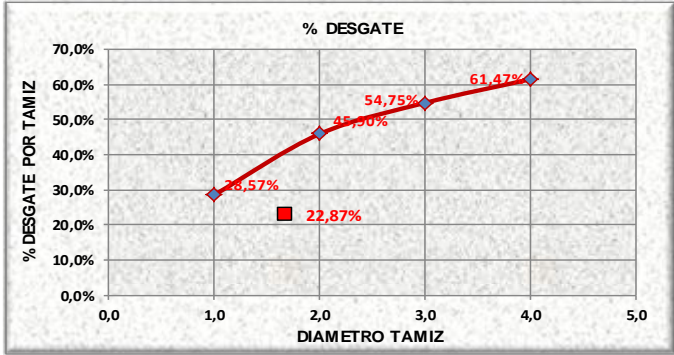
MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO			
PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS			
PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS			
INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN			
Código: A-GL-E01-F03	Versión: 03	Página 1 de 2	
INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS			
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO			
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS			
<b>RESISTENCIA AL DESGASTE</b>			
DATOS DE IDENTIFICACIÓN			
NOMBRE:	Nefalí Gómez		MUNICIPIO:
COLECTOR:	Moisés Correa - Johana Malaver		FECHA:
TELÉFONO:	X	FAX:	X
ID MUESTRA:	LH0159-17-01		E-MAIL:
			E
			N
			1.163.062
			1.086.718

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Peso inicial	Peso final
#	mm	#	mm	(gr)	(gr)
1 1/2"	37,50	1"	25,40	1251,4	894,3
1"	25,40	3/4"	19,10	1249,1	675,3
3/4"	19,10	1/2"	12,70	1250,9	566,5
1/2"	12,70	3/8"	9,52	1249,8	481,4

Peso inicial de la muestra P1 (gr)	5001,2	2617,5
peso final de la Muestra P2 (gr)		3760,9
Peso retenido en tamiz 1.68mm (gr) # 12		1143,4
Cantidad de esferas (#)		12
Desgaste (%)		24,81%
Masa de las esferas (gr)		5000
Desgaste Total	24,81%	Tamiz #12
Desgaste (1")	28,57%	1,68
Desgaste (3/4")	45,90%	22,87%
Desgaste (1/2")	54,75%	
Desgaste (3/8")	61,47%	

OBSERVACIONES:

Realizó: Rafael Pérez Espitia  
Coordinador de Laboratorio

Calle 4 Sur No. 15- 133, Tels: 7723537/18 - 7705450 - 7707721, Exts: 2634 - 2635, Email: irme@uptc.edu.co

MACROPROCESO: ADMINISTRATIVO  
PROCESO: GESTIÓN DE LABORATORIOS  
PROCEDIMIENTO: EMISIÓN DE RESULTADOS  
INFORME DE EMISIÓN DE RESULTADOS SERVICIOS DE EXTENSIÓN

Código: A-GL-ED1-F03

Versión: 03

Página 1 de 2

INSTITUTO DE RECURSOS MINEROS Y ENERGÉTICOS

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

*L.S.R.*

**RESISTENCIA AL DESGASTE**

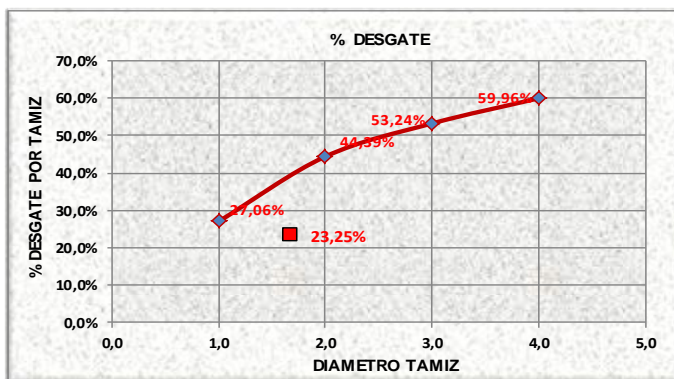
DATOS DE IDENTIFICACIÓN

NOMBRE:	Neftalí Gómez			MUNICIPIO:	La Merced - Caldas (Rio Cauca)
COLECTOR:	Fabián Beltrán			FECHA:	12/11/2014
TELÉFONO:	X	FAX:	X	E-MAIL:	X
ID MUESTRA:	LH0159-17-02			COORDENADAS:	E 1.163.059 N 1.086.777

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Peso inicial	Peso final
#	mm	#	mm	(gr)	(gr)
1 1/2"	37,50	1"	25,40	1251,4	913,2
1"	25,40	3/4"	19,10	1249,1	694,2
3/4"	19,10	1/2"	12,70	1250,9	585,4
1/2"	12,70	3/8"	9,52	1249,8	500,3



Peso inicial de la muestra P1 (gr)	5001,2	2693,1
peso final de la Muestra P2 (gr)		3855,4
Peso retenido en tamiz 1.68mm (gr) # 12		1162,3
Cantidad de esferas (#)		12
Desgaste (%)		22,92%
Masa de las esferas (gr)		5000
Desgaste Total	22,92%	Tamiz #12
Desgaste (1")	27,06%	1,68
Desgaste (3/4")	44,39%	23,25%
Desgaste (1/2")	53,24%	
Desgaste (3/8")	59,96%	



OBSERVACIONES:

Realizó: Rafael Pérez Espitia  
Coordinador de Laboratorio

Calle 4 Sur No. 15- 133, Tels: 7723537/18 - 7705450 - 7707721, Exts: 2634 - 2635, Email: irme@uptc.edu.co

## **Anexo 4.**

# **COLUMNA ESTRATIGRÁFICA**